MEMORIA

DEL PROFESSOR

GEMINIANO GRIMELLI

SUL GALVANISMO

MEMORIA

DEL PROFESSOR

GEMINIANO GRIMELLI

SUL GALVANISMO

PREMIATA

DALL' ACCADEMIA DELLE SCIENZE DELL' ISTITUTO DI BOLOGNA

A NORMA DEL SUO PROGRAMMA 6 SETTEMBRE 1845

E DEL RELATIVO GIUDIZIO ACCADEMICO 30 APRILE 1848.

BOLOGNA
TIPOGRAFIA DELL' ISTITUTO DELLE SCIENZE
A. MDCCCXLIX.

AL CHIARISSIMO ILLUSTRISSIMO

SIGNOR PROFESSORE

SILVESTRO GHERARDI

V. PRESIDENTE DELL' ACCADEMIA DELLE SCIENZE

DELL' ISTITUTO DI BOLOGNA

MEMBRO DEL COLLEGIO FILOSOFICO MATEMATICO

ECC. ECC. ECC.

CHIARISSIMO ILLUSTRISSIMO

SIGNOR PROFESSORE

Sebbene i primi miei studj intorno agli originali discoprimenti galvanici mi avessero condotto a proporre talun dubbio in ordine alle belle illustrazioni dalla Signoria Vostra apposte alla magnifica Collezione delle Opere del Galvani, tuttavolta non venne giammai in me meno la stima sincerissima verso Lei del cui sapere tanto si pregia l'Università e l'Accademia Bolognese. E poichè questa stessa esimia Accademia, sotto la Presidenza degnissima della S. V., volle onorare fino al premio la Memoria intorno al Galvanismo che io osai mandare al proposto concorso, così ora mi tengo altresì onorato che Ella si compiaccia accogliere l'offerta di questa stampa concessami per cura

e favore accademico. E frattanto nel tributarle simile pubblico attestato, per mia parte tenuissimo, di verace considerazione, resto col desiderio di potere ognor più addimostrarle tutta la osservanza, colla quale mi pregio dichiararmi

Modena 30 Gennajo 1849.

Obligatiño Devotiño. Servo
GEMINIANO GRIMELLI

Quae in natura fundata sunt crescunt et augentur, quae in opinione variantur non augentur.

PREFAZIONE

1. Mentre ogni Istituto Accademico vanta i suoi meriti di favorito progresso o scientifico o letterario o artistico, l'Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna, fra le varie sue fortune, va gloriosa di avere cresciuto nel proprio seno il celeberrimo discopritore del Galvanismo, e il più fervido promotore dell' Elettricismo Galvanico-Fisiologico. Così è che fra l' emulazione generosa e progressiva scientifica dell' Istituto Bolognese, in sulla metà del secolo prossimo passato, il Galvani meditava e rimeditava producendo alla perfine le sempre memorabili ed originali sue osservazioni ed esperienze elettro-fisiologiche, che poi il degno nipote di lui l' Aldini si faceva sagacemente avanti a promuovere, intendendo ognora ad illustrare il novello additato elettricismo di origine e d' indole organica o fisiologica. Ed anzi nel maggior fervore della sempre memorabile discussione, e per ogni parte gloriosa, tra il Galvani e il Volta, venuto meno il primo alla scienza e ai suoi progressi, l'Aldini adoperò ognor più ad illustrare le osservazioni e le esperienze galvaniche e fisiologiche come non tutte riducibili al grande principio fisico e voltaico del contatto elettromotore. Di tal guisa egli, sovra ogni altro, perseverò a sostenere l'elettricità Galvanica o Animale, producendone gli argomenti di fatto presso le più illustri Scuole ed Accademie d' Europa, che ne ammiravano ed applaudivano le belle prove non ecclissate dai maggiori trionfi del Volta (*Annali di Chimica e Storia Naturale ec. compilati dal Profess. L. Brugnatelli tomo XXI, pag.* 284, 293, *Pavia* 1802. — *Opuscoli scelti ec. tomo XXII, Parte Seconda, libri Nuovi*

pag. 16, *Milano.* — *Histoire du Galvanisme par Sue etc, Quatrieme Partie pag,* 42, 160, 249, 279, *Paris* 1805), Laonde poi la Società Italiana delle Scienze si faceva premurosa di invitare i cultori del Galvanismo a stabilire rettamente qual fosse in tale materia la sentenza da abbracciarsi fra l' Aldini e il Volta, e quindi promulgava apposito quesito, che a giudizio della Società medesima rimase senza conveniente soluzione nelle varie scritture concorse (*Memorie ec. della Società Italiana delle Scienze ec. Tomo XII, Parte I. pag. XVIII, XXIII*; *Tomo XIV, Part. I. pag.* 2, ec. 1805, 1807, 1809), Ma l' Aldini, che pure in tale circostanza produsse ulteriori esperienze di Galvanismo Fisiologico, registrate fra le Memorie della predetta Società, insistette in un con altri esimj Italiani nell' amore dei primitivi originali studj galvanici, intendendo eziandio a promuoverli con generosa instituzione affidata alla Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna.

2. In tale stato di cose egregio ed utilissimo divisamento fu appunto quello dell' Accademia Bolognese che, nel 1838, redata dall' Aldini buona parte dei manoscritti del sommo Galvani, ed altra parte dei medesimi ottenuta da altri nipoti di lui, si fece oltremodo sollecita di procurare e di pubblicare la Collezione delle Opere Edite ed Inedite dell'immortale discopritore del Galvanismo (*Opere Edite ed Inedite del Professore Luigi Galvani Raccolte e pubblicate per cura dell' Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna, pag.* 3, 55, 56, *Bologna* 1841). Per tal guisa le osservazioni e le esperienze galvaniche rimaste, dalle prime veraci loro origini fino a quaranta e più anni dopo la morte del loro Autore, disperse e mal note, anonime e plagiate, sono state alla perfine offerte al pubblico in tutta quella loro originale estensione che ne soccorre a convenientemente meditarle e comprenderle in ordine così Elettro-Fisiologico come Elettro-Fisico. Lavoro preziosissimo che pur necessitava di buon' ora premettere alla generosa proposta del quesito con premio instituito dall' Aldini sul Galvanismo, e che ne richiama altresì tutte le relative produzioni dell' Aldini stesso intorno a simile materia, oltremodo utili esse pure a conoscersi per le convenienti illustrazioni del Galvanismo Fisiologico

(*Aloysii Galvani etc. De Viribus Electricitatis In Motu Musculari Commentarius cum Joannis Aldini Dissertatione et Notis etc. Mutinae* 1792. — *Joannis Aldini de Animali Electricitate Dissertationes Duae, Bononiae* 1794. — *Memoria intorno all' Elettricità Animale del signor Dott. Gio. Aldini P. Prof. di Fisica nella Università di Bologna ec. diretta al signor Ab. Amoretti ec., inserita negli Opusculi scelti sulle Scienze e sulle Arti ec. Tom. XVII, Milano* 1794. — *Lettera intorno all' Elettricità Animale del Dottor Gio. Aldini ec. diretta al ch. Dottor Pietro Moscati ec. inserita negli Opuscoli ec. Tomo XIX, Milano* 1796. — *Memoria del Prof. Aldini al Lacépède ec. aggiunta alle Memorie sull' Elettricità Animale di Luigi Galvani ec. Bologna* 1797. — *Saggio di Esperienze sul Galvanismo di Giovanni Aldini ec. Bologna* 1802. — *Précis Succint des Principaux Phénomènes du Galvanisme suivi de la traduction d' un Commentaire de J. Aldini etc. Paris* 1803. — *Précis des Expériences Galvaniques faites recemment a Londres et a Calai par J. Aldini, Paris* 1803. — *Essai théorique et experimental sur le Galvanisme etc. par Jean Aldini etc., Paris* 1804. — *Aldini Memoria sul potere del solo Arco animale nelle contrazioni Musculari degli Animali a sangue caldo ec. Società Italiana delle Scienze tomo XIV, Parte II, Verona* 1809).

3. Egli è infatti dai lavori originali del Galvani e dai consimili illustrativi dell'Aldini, e degli esimj italiani e stranieri i quali ne seguirono le traccie, che si raccolgono e risultano i primi e maggiori argomenti del Galvanismo Fisiologico e Fisico. Maniere di argomenti per li quali il Galvani e l'Aldini e i seguaci loro riconoscevano un elettricismo originario intrinseco e tutto proprio dei tessuti nerveo-musculari, manifestantesi in ispecie sulla rana con iscariche e correnti occasionate dai famosi metodi di induzione elettrica, e dei circuiti elettro-fisiologici. Foggie di circuiti che stante i loro complicati fenomeni fisici e fisiologici condussero di buon' ora il Volta e il Fabbroni alle celeberrime dottrine elettro-fisiche ed elettro-chimiche, poi culte ed onorate, cresciute e discusse, da una novella generazione di sapienti così italiani come stranieri. In

fra i quali progressi scientifici, fecondati ognor più dalle gravi discussioni risguardanti l' elettricismo voltaico considerato originariamente promosso dal semplise contatto di materiali eterogenei, ovvero da simile contatto con azione chimica, sorse pure in Italia il Nobili che, meditando e sperimentando intorno alle diverse scaturigini elettriche naturali e artificiali, ne richiamava, con belle e semplici prove, alle conclusioni galvaniche di una particolare corrente elettrica svolta dai tessuti nerveo-musculari della rana. Dietro le quali cose cominciò a risuonarne attorno e di nuovo, e con varia fortuna, il Galvanismo Fisiologico risorto così sulla corrente elettro-musculare insegnata dal Galvani negli arti delle rane e degli animali in genere, dall' Aldini svolta egregiamente eziandio nei muscoli degli animali a sangue caldo, quindi poi dal Nobili riconfermata lungo tutto il corpo, ossia dai piedi alla testa delle rane medesime, e dal Matteucci variamente discorsa negli arti degli animali tanto a sangue freddo quanto a sangue caldo (*Collezione delle Opere del Galvani ec. — Dell' Uso e della attività dell' Arco conduttore ec. — Memorie allo Spallanzani ec. — Saggio di Esperienze sul Galvanismo di Giovanni Aldini ec. Parte terza Bologna* 1802. — *Essai Théorique et Expérimental sur le Galvanisme etc. par Jean Aldini etc. Tome premier, premiere partie etc. Paris* 1804. — *Aldini Memoria sul Potere del solo Arco Animale nelle Contrazioni Musculari degli Animali a sangue caldo ec.* 1809. — *Memorie ed Osservazioni edite ed inedite ec. del Cavaliere Leopoldo Nobili ec. pag.* 68, 75, 151 *Firenze* 1834. — *Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux par M. Ch. Matteucci seconde partie, chapitre VI, Paris* 1840. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci, Paris* 1844).

4. Per tal guisa l' Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna visti riprodotti in variate forme li primitivi originali risultamenti del Galvanismo Fisiologico, e fedele alla missione confidatale dall' Aldini proponeva con suo Programma 31. Gennajo 1841. di *indagare nuovamente le leggi o proprietà, e l' origine di quella corrente elettrica cui il rinomato Cav. Nobili volle chiamare Corrente propria della Rana,*

scrutinando ed illustrando gli esperimenti relativi di esso Nobili, del ch. signor Prof. Matteucci, e di altri ancora. Quindi l'Accademia Bolognese sagacemente raccomandava in primo luogo di *sottopporre ad accurata ponderazione il sospetto che contro la realtà della medesima corrente riguardata come veramente propria dell' animale, potesse insorgere per la considerazione delle azioni fisiche o chimiche introdotte dagli artifizi stessi coi quali si è inteso di esplorarla, di renderla maggiormente sensibile e di misurarla;* sospetto tanto più meritevole di essere sottoposto ad accuratissima disamina quanto più si avverte che ad ottenere e a scandagliare la corrente in discorso, mediante il Galvanometro del Nobili od altro consimile, si interpongono per l'una parte *i* nervi per l'altra *i* muscoli in contatto immediato o mediato di sostanze umide e di lamine metalliche, le quali comunque omogenee addivengono di leggieri, in siffatti cimenti, eterogenee o elettromotrici. E l'Accademia stessa in secondo luogo ammoniva bene di *accertare se una tale corrente abbia assolutamente la stessa origine di quella per cui si ottengono le contrazioni della rana nelle famose esperienze del Galvani, escluso ogni esterno artifizio, e solo col mettere in arco immediatamente tra loro certe parti dell'animale, ma singolarmente i nervi coi corrispondenti muscoli del medesimo;* ammonimento saviissimo, diretto eziandio a richiamare e ad esaminare consimili osservazioni ed esperienze del Galvani e dell'Aldini, del Valli e dell'Humboldt, e di altri non pochi, ragguagliandole e disaminandole con le analoghe del non ha guari riprodotto e redivivo Galvanismo Fisiologico. Il perchè ben a ragione l'Accademia esprimeva altresì il desiderio fossero tenute in vista le *originali ricordate esperienze del Galvani descritte nell' Opuscolo intitolato Dell' Uso e dell' Attività dell' Arco Conduttore nelle Contrazioni dei Muscoli, e nel suo Supplemento, che uscirono anonimi in Bologna nel* 1794, *ma che appartengono indubitatamente al Galvani; consultando ancora le Memorie dello stesso Galvani allo Spallanzani, onde i Conporrenti possano rendere sull' estensione, sul modo, e sul merito di simili esperienze piena giustizia al loro Autore.*

Se non che trascorso l'assegnato termine dell'Agosto 1842 alla produzione delle Memorie dirette allo scioglimento dei proposti quesiti, l' Accademia, visti i quesiti stessi rimasti postergati o indisciolti, si fece a riproporli con ulteriori dichiarazioni.

5 Laonde la stessa Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna con novello Programma 8 Luglio 1843 espertamente richiamava ed ammoniva i Concorrenti al Tema e Premio Aldini sul Galvanismo colle seguenti parole. *Pare a questa Accademia che le varie eperienze e dottrine uscite dal 1827 in poi intorno quel Fenomeno Elettro-Fisiologico cui l'illustre Nobili fin d'allora volle chiamare Corrente della rana siano discordi in punti essenziali; le pare altresì che nello sponimento di tali esperienze e dottrine non venga fatta la debita ragione dei lavori di que' benemeriti che, nella prima epoca del Galvanismo, instituirono le famose esperienze da cui si ottengono le contrazioni della rana per mezzo di archi metallici omogenei, o puramente animali, od umidi, le quali contrazioni insieme col fenomeno della corrente della rana dalla generalita de' Fisici si reputano dipendenti da una sola e medesima cagione. Quindi la stessa Accademia avvisa di poter giovare mirabilmente così a stabilire, come a procacciare l' avanzamento di questa parte della scienza col fare obbietto dell' annunciato Concorso il seguente Tema:* — *Trattare storicamente e dare giudizio di tutti gli sperimenti e lavori conosciuti fino a questo giorno su la così detta Corrente della rana e sui fenomeni attenenti strettamente ad essa, in modo che si vegga chiaro ciò che ai più antichi cultori di questo studio Galvani, Volta, Aldini, Valli, Humboldt* ecc. *s' appartiene, e ciò che ai più recenti, e in modo che col raziocinio e più ancora col lume di nuove esperienze si tolgano di mezzo possibilmente le principali discrepanze che sotto il rapporto sperimentale non meno che sotto il rapporto teorico sono tuttavia intorno questo difficile e delicato argomento, e venga per tal guisa rischiarata quanto si può la quistione sopra la origine di una elettricità o intrinseca e propria dell' animale, od estrinseca* —. *Liberi i concorrenti di toccare di quei fenomeni d' altri animali*

che essi per avventura giudicassero analoghi a quello della corrente della rana, e così pure di altri fenomeni elettro-fisiologici, l' Accademia nondimeno avrà solamente riguardo a ciò che dirittamente si pertiene alla conveniente soluzione del prefisso Tema. Stanti le quali cose è manifesto che l'Illustre Accademia, bene avvisando come ogni sapere di osservazione e di esperienza si risolve alla perfine in una sincera ed esatta storia di fatti diretti e ordinati a plausibile dottrina, così intende per siffatta guisa a segnare la via opportuna a riconoscere daddovero le osservazioni e le esperienze relative alla corrente elettro-musculare già insegnata dal Galvani negli arti in ispecie della rana, dall' Aldini svolta eziandio nei muscoli degli animali a sangue caldo, quindi poi dal Nobili riconfermata lungo tutto il corpo dalle rane medesime, e dal Matteucci ridiscorsa variamente or nell'assieme dei muscoli proprj degli arti, or nei muscoli stessi isolati degli animali così a sangue freddo come a sangue caldo. Maniere diverse di proporre ed esporre le stesse osservazioni ed esperienze che tanto più neccessita disaminare accuratamente quanto più è facile riscontrare simili fatti galvanici or per l'una parte trasandati o travolti, or per l'altra riprodotti e risuscitati fra pagine le più difformi, e per le quali vicende il proposto Tema sul Galvanismo restò indisciolto anche all'assegnato termine del Dicembre 1844 (*Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux par M. Ch. Matteucci, seconde partie, chapitre VI, Paris* 1840. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci etc. pag.* 51, 126. *etc. Paris* 1844. — *Osservazioni alla Memoria del Prof. A. Cima di C. Matteucci ecc. Il Cimento Giornale ecc. Novembre Dicembre* 1846. *Pisa*).

6. Il perchè l'accortissimo Istituto Bolognese con altro suo Programma 6 Settembre 1845 reiterava le sue fervide istanze e giuste esigenze di questo tenore. *Dolente l' Accademia di non avere potuto per anco conferire il premio Aldini sul Galvanismo, avvegnacchè l'abbia due volte proposto coi suoi Programmi di Gennaro* 1841, *e di Luglio* 1843, *spirati coll' Agosto* 1842, *e col Dicembre* 1844, *è venuta nella deliberazione di riproporre il Tema del secondo dei predetti*

Programmi, altamente persuasa della somma utilità di esso, e della sua opportunità nello stato attuale della scienza. E di vero chiaro apparisce da quanto viene esposto e dimandasi nel detto Programma la conveniente soluzione del riproposto Tema importare per lo meno la sperimentale e razionale ricognizione e coordinazione dei più veri e costanti fatti Elettro-Fisiologici che sotto il primitivo pretto Galvanismo ponno tuttora giustamente comprendersi; onde verrebbero i medesimi sceverati da quelli (non pochi pur troppo in questo intricato ramo di scienza) che sembrano patire gravi eccezioni o per incertezza di esperimento, o per preoccupazione di teorie. Il perchè non vi sarà chi spontaneamente non concorra nel pensiero e nella fiducia dell' Accademia che è di promuovere per tal guisa e di scorgere a più sicuri progressi l' Elettrofisiologia, secondo la mente del benefico Istitutore del Premio. Però l' Accademia, anche per l' esito dei precedenti Concorsi, riconoscendo vie più l' ampiezza e gravità del Tema vi assegna il maggiore premio di cui le è dato disporre, che è il triplo dei soliti Premj Aldini, e mette al presente Concorso il più remoto termine che può, cioé di un biennio. Dietro le esposte dichiarazioni accademiche risulta quindi manifesto *la conveniente soluzione del riproposto Tema importare per lo meno la sperimentale e razionale ricognizione e coordinazione dei più veri e costanti fatti elettro-fisiologici, che sotto il primitivo pretto Galvanismo ponno tuttora comprendersi, aggiugnendo all' uopo relative osservazioni ed esperienze acconcie ed abili a rischiarare quanto si può la quistione sopra l' origine di una elettricità o intrinseca e propria dell' animale, od estrinseca, ossia dall' esterno procedente sul medesimo*. Laonde a volere adeguatamente rispondere in ordine a simile materia necessita attenersi agli originali e sempre memorabili studj galvanici sorti luminosamente sui fenomeni elettro-fisiologici della rana, disaminandoli in ogni possibile estensione sperimentale, e in accordo colle odierne cognizioni fisiche e fisiologiche più dimostrate e certe, e risguardanti la elettricità così estrinseca e condotta, come intrinseca e svolta sui tessuti nerveo-musculari.

7. Che per verità sebbene la rana galvanica e i tessuti nerveo-musculari in genere siano stati dalla fine del secolo prossimo passato fino al presente discorsi e ragionati a dilungo in via elettro-fisica ed elettro-fisiologica, tuttavolta si desiderano ancora osservazioni ed esperienze conformi alle primitive originali viste galvaniche, e ai relativi progressi scientifici. Nel quale proposito attenendosi agli esempj e alle premure, alle indicazioni e alle istanze sagacissime dell'illustre Accademia Bolognese, ne sembra quindi opportuno il richiamare fin dalle veraci loro origini li magistrali studj del Galvani rivolti sugli animali preparati alla sua maniera, e che lo condussero ai mirabili di lui scoprimenti elettro-fisiologici, stati poi così di leggieri trasandati e travolti. Di tal guisa ne consegue immediatamente la sperimentale e razionale ricognizione e coordinazione delle azioni elettriche condotte, e indotte sui tessuti nerveo-musculari della rana galvanica, avviandosi così a ricercare e a scandagliare una elettricità intrinseca e propria dei tessuti stessi. Sperimentale e razionale ricognizione e coordinazione di fatti che poi necessita proseguire in ordine agli archi e ai circuiti elettro-fisiologici galvanici i più acconci a raggiungere un'elettricismo intrinseco musculare, quale si appalesa a foggia di scariche e correnti con particolari vicende di contrazione e rilassamento dei muscoli. Per tali vie, e sempre colla scorta luminosa del sommo discopritore del Galvanismo e dei suoi più degni seguaci, ne fia dato alla perfine di riconoscere e raffermare, in ogni possibile estensione, le azioni elettriche prodotte e svolte dai tessuti musculari della rana, riguardandole altresì comparativamente a quelle proprie degli organi elettrici della torpedine. Procedimenti tutti che mentre additano al Fisiologo le più arcane scaturigini elettriche dall'intimo dei tessuti nerveo-musculari, disvelano all'un tempo al Fisico altre non meno recondite scaturigini di elettricismo per influsso del semplice contatto o coesione superficiale, ovvero dell'intimo addentramento molecolare sino anche al processo chimico fra materiali dissimili o eterogenei, come già ne addimostrò il sommo Volta: maniere di ricerche tanto più difficili, quanto più arduo fia lo sceverare daddovero il verace magistero fisiologico-vitale dall'ordinario fisico-

chimico, di soventi rannodati e commisti or in complicanze inestricabili, or in lotte indefinibili; quindi poi le facili e frequenti dubbiezze ed ambagi fisiologiche e fisiche intorno a simili materie, che possono essere corrette soltanto dietro il più accurato studio dell' elettricismo galvanico riguardato nelle sue origini, attinenze, vicende coll' azione nerveo-sanguigna, reggente ogni fenomeno fisiologico, e dell' elettricismo voltaico riguardato nelle sue origini, attinenze, vicende coll' azione fisico-chimica, reggente i fenomeni dei corpi scevri d' ogni carattere fisiologico, ossia inorganici o minerali.

8. Foggie di studj e di ricerche, di osservazioni e di esperienze proposte e riproposte con gran senno dall' Accademia Bolognese a novella disamina del Galvanismo Fisiologico, e intorno alle quali essendomi io occupato con particolare deferenza e fervore dal 1837 al 1847, mi lusingo almeno averne riconosciuta e scandagliata tutta l' estensione e l' importanza. Che anzi perciò mi ritenni dall' avventurarmi in siffatto arringo dischiuso coi primi Programmi del 1841, e 1843, riputando che altri, assai più di me valente e versato in simili materie, avrebbe saputo affrontarne le spine molteplici e coglierne i più eletti fiori di plauso e di premio. Infrattanto attendendo ognora a questi studj medesimi, e reiterandone le varie prove, ed eccitato dal Programma del 1845 osai discorrerne alla perfine le assegnate vie, guardando ai tentati cimenti altrui come ad argomento or di trepidazione peritosa, or di emulazione fervidissima. Nel quale intrapreso cammino mi fu immediatamente d' uopo cercar modo, fra la svariata e difforme farragine di asserte ed addotte osservazioni ed esperienze, di sceverare le più discordi ed insussistenti dalle meglio consentite e comprovate, e da me stesso ripetute e riconferme. Laonde poi ebbi di tal guisa a sostenere l' opra ingratissima di vagliare a dilungo, per rigettare il molto loglio e raccogliere poca buona cerere, adoperandomi anzichè ad estendere queste pagine col lavoro delle scorie rigettate, piuttosto a ristringerle con quello delle raggiunte più veraci conclusioni. Ed io sarò abbastanza pago se in queste poche pagine fiano riconosciuti i fatti elettro-fisiologici, richiamati entro i primitivi modesti cancelli segnati dall' immortale

Galvani, e ricondotti alle più giuste conclusioni del Galvanismo Fisiologico, con tanto varia fortuna accolto e valutato dalla Storia e dalla Scienza Fisica e Medica (*Histoire du Galvanisme etc. par P. Sue Aîné etc. premiere partie, deuxième partie, Paris* 1802; *troisième partie, quatrième partie, Paris* 1805. — *Breve Storia del Galvanismo di C. Amoretti ec. Opuscoli Scelti ec. tomo XXII, pag.* 357, *Milano* 1803. — *Storia del Galvanismo di G. Carradori, Firenze* 1817. — *Traité de l'Electricité et du Magnetisme etc. par M. Becquerel etc. tome premier Paris* 1834, *tome quatriéme Paris* 1836, *tome cinquième Paris* 1837, *tome sixième Paris* 1840. — *Osservazioni ed Esperienze Elettro-Fisiologiche dirette ad instituire la Elettricità Medica, Modena* 1839. — *Storia Scientifica ed Artistica dell' Elettrometallurgia Originale Italiana ec. del Pr. G. Grimelli, Modena* 1844).

ARTICOLO PRIMO

Originali Studj e Discoprimenti Elettro-Fisiologici del Galvani, e relativi progressi scientifici applicabili in ispecie all' Elettricismo Fisiologico della rana.

9. Il Galvani nato in Bologna nel 1737 e fornito del verace genio d' osservazione e d' esperienza crebbe in un' epoca memorabile per la direzione degli studj fisici intorno ai fenomeni elettrici, e degli studj elettro-fisiologici intorno alle funzioni proprie degli esseri organizzati e viventi, in ispecie animali. Egli appunto, in sulla metà del secolo prossimo passato, cresceva e si avanzava fra i progressi luminosi della scienza dell' elettricismo così naturale come artificiale; che suscitato il fervore più operoso dei maggiori sapienti d' ogni colta nazione, ovunque additava gli arcani suoi e la sua potenza nel triplice ordinamento di natura minerale, vegetabile, animale, e dall' uno all' altro polo, e dalla terra al cielo. Così è che dietro le varie fondamenta poste e le diverse traccie segnate dai Dufay e dai Symmer, dai Franklin e dagli Epino sorgevano in Italia altri sommi Elettricisti, quali il Beccaria e il Volta, a ricomporre la scienza elettrica e ad avanzarla a progressi mirabilissimi (*Beccaria, Dell' Elettricismo artificiale e naturale Torino* 1753; *Dell' elettricismo Atmosferico Bologna* 1758; *Dell' Elettricismo artificiale Torino* 1772. — *Volta, De vi attractiva Ignis Electrici ad I. B. Beccariam etc.* 1769; *Lettere e memorie sull' Elettroforo, sul Condensatore, sulla Meteorologia Elettrica* 1775, 1782, *ec.*). Parimenti dietro il Nollet, e il Jallabert ed altri non pochi esimj Fisici e Medici, fra noi, il Pivati, il Veratti, il Gandini, il Gardini, il Caldani, intendevano all' applicazione dell' elettrico

sugli esseri viventi, e ne riferivano le più singolari osservazioni ed esperienze, con varia fortuna accolte e meditate a direzione di simili studj elettro-fisiologici (*Della Elettricità Medica, Lettera di Gio. Fracesco Pivati a Francesco Maria Zanotti Lucca* 1747. — *Osservazioni Fisico-Mediche intorno all' Elettricità ec. di Gio. Giuseppe Veratti Bologna* 1748. — *Teor. delle convulsioni di C. Gandini, Lucca* 1764. — *Applicazione delle nuove scoperte del Fluido Elettrico agli usi della ragionevole Medicina di F. G. Gardini ec. Genova* 1774. — *Sulla Insensività ed irritabilità di alcune parti degli animali Lettera ec. di M. A. Caldani ec. nella Raccolta del Fabbri ec. Parte Prima pag.* 327, 332, *Bologna* 1757). E mentre il Walsh e il Cavendish aveano addimostrato nelle torpedini il magistero elettrico dei portentosi loro organi, fino a ragguagliarli alle bottiglie di Leyden o ai coibenti armati a massima capacità e minima tensione elettrica, presso noi lo Spallanzani e il Girardi illustravano la struttura e la funzione di quegli organi stessi oltremodo analoghi ai tessuti nerveo-musculari (*Opuscoli Scelti sulle Scienze, ec. tomo* 6, *pag.* 80 *ec. Milano* 1783, *tomo* 7, *pag.*380 *Milano* 1784. — *Memorie della Società Italiana delle Scienze tomo secondo, parte seconda pag.* 648, *tomo terzo pag.* 553, *Verona* 1784, 1786). S'aggiunge altresì che, fra noi, il Cotugno, il Tonso, e il Vassalli riferivano osservazioni ed esperienze per le quali intendevano riconoscere eziandio negli animali a sangue caldo una particolare elaborazione e condensazione di elettricismo, svolto poi mediante particolari irritamenti nervei, o confricazioni cutanee fino a provocare scosse e a manifestare scintille (*Lettera del Cotugno al Cav. Vivenzio*, 2 *Ottobre* 1784. — *Teoria e Pratica dell' Elettricità Medica di T. Cavallo ec. tradotta dall' Inglese ec. da Gio. Vivenzio Napoli* 1784. — *Lettera di A. Tonso al Vassalli ec. Memorie Fisiche ec. del Prof. Vassalli ec. Torino* 1789).

10. Frattanto il Galvani rifulgeva, prima come discepolo e ben presto quale maestro esimio, ad una scuola dottissima, presso la quale erano in grande onore i veraci argomenti elettro-fisici ed elettro-fisiologici, per li quali, dietro l'Haller, all' Istituto Bolognese il Caldani addimostrava l'elettrico come

lo stimolo più potente e rapido, più penetrativo ed efficace sui tessuti nerveo-musculari; e, dietro al Sauvages, il Laghi intendeva inoltre a dimostrare siffatto agente quale elemento attivissimo nella costituzione e nell'esercizio della sensibilità nervea e della irritabilità musculare (*Sulla Insensibilità ed Irritabilità Halleriana, Opuscoli di varj Autori raccolti da G. B. Fabri Fisico Chirurgo, Parte Prima pag.* 327, *Parte Seconda pag.* 338 *ec. Bologna* 1757). E appunto in mezzo al fervore operoso di simili studj il genio del Galvani di buon'ora s'apparecchiava e s'addestrava alla applicazione dei principj elettrici alla Fisiologia, come ne offriva bel saggio in una sua Dissertazione rivolta a indicare una comune qualità elettrica tra la fiamma e la respirazione, e nelle sue Disquisizioni scolastiche intorno alla elettricità animale, nervea, musculare (*Collezione Delle Opere del Galvani ec. Rapporto sui Manoscritti ec. pag.* 23, 100 ec.). Di tal guisa col presagio del vero e con modesto ardimento s'addirizzava per quelle vie d'osservazione e d'esperienza sulle quali poi seppe afferrare e svolgere quella serie progressiva di fatti maravigliosi che a memoria gloriosa di Lui ebbero nome di Galvanici e di Galvanismo. Quindi esaminando daddovero le occasioni felici e i procedimenti sagacissimi di sì magistrali scoperte riscontrasi ognora rifulgere il genio del celeberrimo bolognese nel dischiudere le più nuove ed intentate vie di osservazione e di esperienza, di belle applicazioni e di utili pratiche alle scienze ed alle arti. Tale fu propriamente la carriera scientifica di un tanto uomo, che non fia mai abbastanza meditata e discorsa a lume e direzione di consimili studj, e degli ulteriori progressi in un campo sì ferace di risultamenti elettro-fisiologici, elettro-fisici, elettro-chimici (*Elogio Storico di Luigi Galvani composto da G. L. Alibert ec. Bologna* 1802. — *Osservazioni ed Esperienze Elettro-Fisiologiche dirette ad instituire la Elettricità Medica pag.* 59, 58, 228, 229, 244, 245, *Modena* 1839. — *Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 7, 18, 23, 28, 42, 52, 100 *ec. Bologna* 1841. — *Storia Scientifica ed Artistica dell'Elettrometallurgia Originale Italiana ec. del Grimelli, Modena* 1834. — *Elogio di Luigi Galvani detto da Michele Medici ec. Bologna* 1845).

11. Già addottrinato fisico ed esimio fisiologo il Galvani adoperava ad un'intentata alleanza di particolari studj elettro-fisici ed ellettro-fisiologici, intorno ai quali fu anche più sapiente di quello si curasse addimostrarlo nei pubblicati suoi lavori (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 78. 466 *ec.*). Egli già, dietro le Opere del Franklin e del Beccaria, meditati e riconosciuti aveva i due arcani principj di azione elettro-positiva ed elettro-negativa, e discorse e sperimentate le mirabili loro vicende di equilibrio più o meno latente, e disequilibrio più o meno manifesto sui corpi minerali o inorganici, e sugli organizzati e viventi. Anzi fra le disputate dottrine relative ai corpi elettrizzati e forniti di una particolare atmosfera o sfera d'azione elettrica influente, attraverso i mezzi coibenti, sull'elettricismo dei corpi circostanti egli addusse sue proprie osservazioni ed esperienze, risguardanti appunto siffatta influenza operosa sulla bottiglia leidense munita dell' ordinario ripartimento elettrico, e sui tessuti nerveo-musculari della rana capaci di contrazioni, ravvisando la più singolare corrispondenza tra i fenomeni elettro-fisici offerti dall' una, e gli elettro-fisiologici presentati dall'altra. Così è infatti che sottoposta parimenti alla medesima atmosfera di una ordinaria macchina elettrica la bottiglia e la rana, all' atto di estrarre la scintilla osservava ed avvertiva prodursi e manifestarsi un fiocco luminoso sull' asta di quella, e all'un tempo le contrazioni dell' animale. Foggie di osservazioni e di esperienze che, inanimandolo ognor più a disaminare l' influsso dell' elettricismo così artificiale come naturale sui tessuti nerveo-musculari per riconoscere quello intrinsecamente proprio dei tessuti stessi, lo guidarono poi ai maravigliosi discoprimenti dei circuiti elettro-fisiologici, per li quali intese ridurre a sperimentale dimostrazione il concetto famoso di un principio etereo o imponderabile, elettrico o magnetico, considerato come avente gran parte nella costituzione e nell' esercizio della forza nerveo-musculare (*Collezione della Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 7, 18, 26, 74, 88, 102, 106, *Opere ec. pag.* 100, 103, 143, 146, 148, 274, 387, 476, *ec.*). Laonde il sommo Elettro-Fisiologista Bolognese si faceva avanti a riguardare varie maniere di produzioni e di scaturigini

elettriche così fisiche come fisiologiche; tra le fisiche, oltre la comunale dell' attrito specialmente dei corpi vitrei e resinosi, e la singolare dello scaldamento di varj corpi, in ispecie della tormalina, additava eziandio la chimica, fino a intravederla nei processi della combustione e della fermentazione, quali invocava altresì a rischiarimento della respirazione e della assimilazione organica. Però in ordine alle produzioni e scaturigini elettro-fisiologiche addirizzava ognora le sue viste ai tessuti nerveo-musculari delle rane, e agli organi elettrici delle torpedini, sui quali poi ergeva l' edifizio più splendido e ferace di tante belle applicazioni ed utili pratiche alle scienze ed alle arti. Quindi in sulle prime riguardò, per magistero organico-vitale, svolto dal sangue nell' encefalo, condotto dai nervi, accumulato nei muscoli, ripartito tra fibra e fibra eterogenea quell' elettrico istesso, che or accolto or respinto dalla Fisiologia, or signoreggiatore or vassallo della Fisica ognor s' accampa fra l' una e l' altra quale proteo portentoso del Galvanismo Fisiologico e Fisico (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 23, 102, 106, *Opere ec. pag.* 85, 102, 107, 108, 232, 387, 388, 462, 471, 474, *ec.*).

12. E poichè a quei tempi li maggiori e più manifesti riscontri di ripartimento e di accumulamento, di corso e di circolo elettrico venivano offerti dai coibenti armati e specialmente dalla bottiglia di Leida, così, dietro il Cavendish e il Darwin, il Galvani s' attenne ognora a simile magistero di elettricismo fisico artificiale, comparandolo a quello che egli adoperava a dimostrare tutto di origine e d' indole fisiologica naturale. Il Cavendish avea già intrapreso e tentato di addimostrare e persuadere che ciascuno dei numerosi prismetti o tubetti degli organi elettrici delle torpedini fosse a riguardarsi quale una boccetta elettrica in carica a minima tensione con gran capacità complessiva. Il Darwin poi erasi avanzato fino ad offrire la più ingegnosa analogia della fibra musculare con una serie di piccole bottiglie cariche l' una all' interno la prossima all' esterno positivamente, e sospese ciascuna a piccola distanza, cosicchè allo stabilire comunicazione tra l' interno dell' una e l' esterno dell' altra tutte si avvicinano, raccorciandosi la linea da esse occupata. D' altra

parte il Galvani intese a dichiarare simile magistero elettrico entro il tessuto nerveo-musculare, riguardando nell' intima sostanza nervea e nella prossima musculare il ripartimento elettro-fisiologico, e lungo le diramazioni fino ai maggiori tronchi dei nervi, e lungo le fibre dei musculi fino alla loro superficie esterna le naturali armature, e i naturali archi e circuiti conduttori dell' elettrico a circolo più o meno equabile o accelerato, con effetto del rilassamento e della contrazione musculare (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec., pag.* 91 *ec., Opere pag.* 345. — *Expériences sur le Galvanisme ec. par F. A. Humboldt ec. pag.* 359, *Paris* 1799). E mentre le proposte del Cavendish e del Darwin rimanevano infeconde e sterili per la Elettro-Fisiologia, quelle del Galvani invece guidavano alle più feraci ed utili osservazioni ed esperienze risguardanti l' influsso dell' esterno elettricismo sui tessuti nerveo-musculari, la efficacia delle armature metalliche applicate sui nervi e sui muscoli, la comparazione fra i tessuti nerveo-musculari, e gli organi elettrici delle torpedini. Di tal guisa appunto il Galvani sull' accennato naturale circuito organico rannodava quelle armature e quegli archi artificiali che dopo avere arricchito l' Elettro-Fsiologia dei fenomeni più portentosi, trapassarono poi nei campi dell' Elettro-Fisica a promuovere i discoprimenti più maravigliosi e fecondi di tanti progressi scientifici ed artistici.

13. Per le accennate vie di osservazione e di esperienza, che a sè stesso dischiuse, il Galvani, perseverante sempre a disvelare e a riconoscere l' elettrico entro la più intima compage organica, ne aggirò i capitali argomenti: 1°. pel conflitto elettro-fisiologico, ossia per la mutua azione e reazione fra l' elettrico applicato agli esseri viventi e le forze fisiologiche proprie dei medesimi, come osservasi in ispecie tra le vicende dell' atmosfera elettrica operosa sui tessuti nerveo-musculari ed influente a promuovere i più singolari e non mai abbastanza meditati fenomeni di contrazioni; 2°. pei circuiti elettro-fisiologici instituiti sugli stessi tessuti con effetti di scariche e correnti elettriche manifestate da relative vicende di contrazione e rilassamento musculare; 3°. per la comparazione elettro-fisiologica fra gli accennati tessuti nerveo-musculari e gli organi

elettrici delle torpedini. Stanti li quali fatti ed argomenti, dovuti tutti al genio osservatore e sperimentale del Galvani, egli intese a dimostrare un particolare elettricismo fisiologico caratterizzato per un'origine organico-vitale, per capacità, carica, tensione, analoghe a quelle dei coibenti armati, con relative scariche, correnti, circoli, per vicende attenentisi a quelle della vita sana, o morbosa, o residua nel cadavere e manifestantesi in ispecie sui nervi e sui muscoli delle rane, e sugli organi elettrici delle torpedini. Maniera di Galvanismo fisiologico già accolto ed illustrato da esimj osservatori e sperimentatori così italiani come stranieri; fra' quali rifulgono ognor più l'Aldini, per le belle sue prove dei pretti circuiti nerveo-musculari estesi dagli animali a sangue freddo a quelli a sangue caldo, e l'Humboldt, per simili prove sagacissime, e per le vaste e profonde sue viste di chimismo organico-vitale riguardato qual fonte fisiologica di un particolare fluido galvanico-elettrico. Foggie di osservazioni e di esperienze, di dottrine e di teorie che, dietro varie fortune e vicende, tornate sono pure non ha guari a base di simili studj elettro-fisiologici, ripresi appunto sulle rane e sulle torpedini e sugli stessi animali a sangue caldo. Di tal guisa le originali osservazioni ed esperienze, conclusioni e dottrine del Galvani, e dei suoi più degni seguaci, si riscontrano al giorno d'oggi riprodotte e riproposte variamente coi fatti e coi nomi or di corrente propria della rana, or di corrente musculare degli animali in genere, e con simili direzioni e pratiche intorno agli organi e alle funzioni delle torpedini: inoltre si richiamano in proposito or le teorie dei processi chimico-vitali, affidando ai medesimi l'elaborazione dell'elettricismo musculare, or le dottrine dell'azione nervea metamorfosata in elettrica. Quindi poi il Galvanismo Fisiologico per tal modo disaminato ne offre la più singolare corrispondenza dei primitivi suoi fatti e dottrinamenti cogli odierni fatti e procedimenti elettro-fisiologici (*Expériences sur le Galvanisme et en général sur l'irritation des fibres musculaires et nerveuses de Frédéric-Alexandre Humboldt, traduction de l'Allemand, publiée avec des additions, par J. Fr. N. Jadelot, Médecin, Paris* 1799. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci etc. Paris*, 1844).

14. D'altra parte le stesse originali osservazioni ed esperienze del Galvani, meditate pure in Italia dall' uomo di genio, mentre condussero ai più splendidi progressi scientifici elettro-fisici, restarono poi tra ferrei ceppi avvinte in ordine agli elettro-fisiologici. Il Volta il sommo Volta sebbene nei primi suoi studj intorno all' elettricismo galvanico fosse esso pure tratto a riconoscere siffatto elettricismo come di origine o d' indole organica o fisiologica, e sebbene, dopo raggiunto in fra tali studj il maraviglioso principio fisico del contatto elettromotore, intendesse per buona pezza a coordinare l' uno all' altro, tuttavolta passo passo surrogò al primo il secondo, fino ad immolare risolutamente il principio fisiologico galvanico al fatto fisico voltaico. E per verità, datosi egli al più profondo studio dei circuiti elettro-fisiologici, pervenne a discoprire e a dimostrare i mirabili procedimenti del contatto elettromotore fra metallo e metallo, fra metallo e corpo umido, fra corpo umido e corpo umido. Quindi poi, riconosciuto e fatto palese lo sviluppo e il corso elettrico nel contatto e circuito di soli materiali eterogenei inorganici e scevri di vita, intese a ridurre tutti i fatti galvanici al grande principio del contatto elettromotore, subordinando eziandio al medesimo i fenomeni elettro-fisiologici dei pretti circuiti nerveo-musculari, e degli organi elettrici delle torpedini. Se non che lo stesso Volta nel ragionare siffatti organi, e le vicende del loro elettricismo invocava pure a sussidio l' azione organico-vitale, ossia la forza arcana che regge e governa la materia organizzata e vivente. Laonde per tal modo ne risulta manifesto che il grande principio fisico-voltaico quanto esso stesso si offre lungi dall' addimostrarsi il principio della vita e dell' azion organica fisiologica, altrettanto resta insufficiente e congetturale a fronte delle scaturigini elettriche che si ravvisano nelle più strette attinenze coll' esercizio della vita stessa e delle funzioni fisiologiche, quali sono appunto quelle dei pretti circuiti nerveo-musculari galvanici, e degli organi elettrici delle torpedini; arcane scaturigini elettriche che si riconoscono pure tal volta in ogni loro schiettezza fisiologica scevra d' ogni complicanza fisica, e che tal' altra volta si ravvisano complicate dalle azioni fisiche o chimiche comunque

avventizie, od anche introdotte dagli artifizj medesimi coi quali si intende esplorare l'elettricismo in discorso: complicanze di elettricismo fisiologico e fisico già presentite dal Galvani stesso nel ragionare la speciale attività ed efficacia operosissima dell' arco conduttore nei suoi circuiti elettro-fisiologici, ed eziandio discorse dal Volta nelle sua transizione dall' elettricismo fisiologico al fisico, ed alla perfine disaminate e scandagliate dall' Aldini e dal Bellingeri, dal Nobili e dal Grimelli nelle loro osservazioni ed esperienze risguardanti i circuiti composti per l'una parte di tessuti nerveo-musculari per l'altra di estrinseci materiali elettromotori (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 138, 142, 155, 324, 232, 339, 462, 473, *ec.* — *Collezione delle Opere del Volta ec. tomo II, parte I, pag.* 3, 118, 165, 173, *Firenze* 1816. — *Aldini saggio di esperienze sul Galvanismo ec. parte prima, e terza, Bologna* 1802. — *Bellingeri Osservazioni ed esperienze Elettriche: Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino tom. XXIII, XXIV, XXV, XXXI, XXXIII.* — *Nobili Memorie ed Osservazioni ec. Volume I, pag.* 73, *ec. Firenze* 1834. — *Grimelli Lettere Elettro-Fisiologiche all'Amici, e al Bufalini ec. Nuovi Annali delle scienze naturali etc. tomo X, Bologna* 1843).

15. I discoprimenti del Galvani furono quindi talmente fecondi da condurre a riconoscere non solo un particolare elettricismo organico-fisiologico, ossia nerveo-musculare, ma eziandio uno fisico-chimico, ossia per semplice contatto o coesione superficiale fra materiali dissimili o eterogenei, avvalorato altresì dagli aggregamenti e disgregamenti dei loro principj ponderabili. Così è che mentre il Galvani e il Volta riconoscevano, alla loro maniera, nei circuiti composti di tessuti nerveo-musculari e di archi idrometallici una speciale efficacia dei mestrui umidi opportuna allo svolgimento e al corso elettrico, il Fabbroni e il Crève si facevano avanti a dimostrare in simili circuiti le più singolari vicende di scomposizione acquea e di salificazione metallica, intendendo all' un tempo di additare in simili processi la scaturigine dell' elettricismo galvanico, d'onde poi il concetto dell' irritamento metallico (*irritamentum metallorum*) nei fenomeni galvanici.

S' arroge che dal Galvani istesso, dall' Aldini, dal Valli, dal Vassalli, e loro seguaci, il predetto elettricismo fu riguardato non solo di origine fisiologica, ma altresì combinato a particolari principj ponderabili; mentre che lo stesso agente, dietro il Fabbroni e il Crève, riguardavasi piuttosto di origine minerale o idrometallica, e consociato a simili principj ponderabili attennatissimi (*Fabbroni G. Memoria intorno alla causa della termossidazione dei diversi metalli mediante il loro contatto, letta alla Società dei Georgofili di Firenze* 1793. — *Carradori Articolo di Lettera al signor Brugnatelli sulla Elettricità Animale e sopra alcuni nuovi sali metallici indicati da G. Fabbroni*: *Annali di Chimica e Storia Naturale ec. tomo V. Pavia* 1794.—*Fabbroni G. dell' azione chimica dei metalli nuovamente avvertita; Atti della R. Società Economica di Firenze ossia dei Georgofili vol. IV, pag.* 349, *Firenze* 1801. — *Histoire du Galvanisme ec. par P. Sue etc. primiere partie pag.* 227, 229, *Paris* 1802, *troisième partie pag.* 43, *Paris* 1805). Foggie di teorie per tal guisa e di buon' ora poste e riproproste in campo dal Fabbroni, e dal Crève, dal Nicholson, e dal Wollaston; e quindi poi tanto più di leggieri accolte e favoreggiate quanto più nei circuiti galvanici e voltaici furono riconosciute le più singolari proprietà e vicende di processi elettro-chimici con trasporti, a senso delle correnti elettriche, dei relativi principj materiali ponderabili. Che anzi simili osservazioni ed esperienze promosse ed illustrate, in Italia, dal Volta, dal Pacchiani, dal Brugnatelli, dal Marianini, e, all' estero, dal Grotthus dal Davy, dal Berzelius, e da altri non pochi, condussero a quella dottrina eletto-chimica che riconosce le azioni elettriche possenti autrici delle chimiche, con magisterj applicati ed applicabili ai più vantaggiosi progressi scientifici ed artistici. D' altra parte consimili osservazioni ed esperienze ricondussero il De la Rive, il Faràday, il Becquerel, e loro seguaci a quella teoria chimico-elettrica che riguarda le azioni chimiche quali autrici delle elettriche, intendendo anche per tal modo alle più utili applicazioni alle scienze e alle arti (*Traité Experimental de l' Electricité etc. par M. Becquerel etc. Paris* 1834, 1840. — *Storia Scientifica ed Artistica della*

Elettrometallurgia Originale Italiana ec. Modena 1844). Però le accennate dottrine e teorie mentre ne guidano a riconoscere le più strette attinenze, e i più mirabili avvicendamenti fra le cagioni elettriche e le chimiche, all'un tempo s'arrestano a fronte del semplice contatto elettromotore voltaico, e del verace elettricismo fisiologico galvanico. Così è che nei circuiti insegnati dal Volta riscontrasi sempre il contatto dei materiali eterogenei, qualunque ne siano le contingenze chimiche, qual condizione essenziale e regolatrice dei primitivi fenomeni elettro-statici o di tensione, risultando piuttosto le contingenti azioni chimiche abili a promuovere i secondarj fenomeni elettro-dinamici ossia di correnti. E d'altra parte nei circuiti nerveo-musculari del Galvani, e negli organi elettrici delle torpedini, si ravvisa ognora lo sviluppo di loro elettricismo regolato dalla forza organico-vitale, ed or favorito nel suo corso or complicato nelle sue vicende mediante i mezzi fisici o chimici usati a raccoglierlo o scandagliarlo.

16. Per tal guisa, dietro i discoprimenti Galvanici, furono riconosciute le più variate origini e foggie di elettricismo in un colle relative correnti, quali appunto le fisiologiche e le voltaiche, ed inoltre le termiche e le magnetiche, e le indotte, comunque minime e fuggevolissime. Il Galvani anzi ne offerse nei tessuti nerveo-musculari della rana il mezzo più squisito per riconoscere e scandagliare le accennate minime e fuggevolissime correnti elettriche. Ed invero la rana galvanica si appresenta dotata della massima e più durevole sensibilità e reazione nervosa musculare all' elettrico, fino a risentire e ad appalesare colle contrazioni dei suoi muscoli le minime scariche e correnti elettriche o dall' esterno dirette su quei tessuti, o comunque svolte dall' intimo dei tessuti stessi: mirabili proprietà elettro-fisiologiche per le quali la rana galvanica avanza la torpedine stessa quanto potente a svolgere il suo elettricismo, altrettanto impassibile alle scariche del medesimo. S'arroge che le osservazioni e le esperienze elettro-chimiche ne soccorrono esse pure con particolari riscontri a riconoscere e a scandagliare le correnti elettriche di qualsiasi origine o galvanica, o voltaica, o d'altra indole. Simili correnti infatti dispiegano tale efficacia di componimenti e

scomponimenti materiali, che perciò lasciano traccie e vestigia di loro effetti, con opportuni contrassegni e riscontri di loro corso. E le correnti stesse alla perfine, comunque secrete e tacite, si disvelano eziandio ai mirabili riscontri fisici di loro azione elettro-magnetica, ed elettro-magnetizzante. Maniere diverse di azioni e di effetti, di caratteri e di contrassegni elettro-fisiologici, elettro-chimici, elettro-fisici che or giova considerare partitamente, all' uopo di avviarsi alla maggiore possibile ricognizione dell' elettricismo galvanico, e delle relative correnti fisiologiche.

17. Le correnti elettriche invero si appalesano con diversi effetti e caratteri fisiologici, tra i quali i più manifesti e noti sono appunto quelli che si dispiegano sui nervi sensorj, e sui motori. E primieramente l' elettrico scorrendo sui nervi sensorj promuove alcune sensazioni o di gusto, come l' acidula e l' alcalescente, o di vista, qual fulgore e lampicello, o di tatto, simile a prurito infiammatorio e riscaldo flogistico. Anzi il Volta, riscontrando tali fenomeni ed effetti sensorj promossi dagli archi composti di metalli eterogenei applicati in ispecie sulla lingua e circostanti parti nervee, trasse da ciò i primi argomenti per condursi a raggiungere l' elettricismo svolto dagli archi stessi e diretto sui nervi sensorj gustativi, ed ottici, cogli effetti corrispondenti di gusto acidulo o alcalescente, di luce e lampicello. Nel quale proposito vuolsi però fin d' ora avvertire che eziandio la rana preparata alla galvanica e stretta per le gambe fra le dita di una mano, quindi coll' estremità del tronco spinale addotta sulla punta della lingua, all' atto del compiere siffatto circuito, oltre le sue contrazioni occasiona una particolare sensazione acidula, che tanto meglio si riconosce di origine elettrica quanto più si riscontra addivenire intensa congiungendo più rane pel sommo delle coscie e per le estremità dei piedi in serie longitudinale, ed applicando sulla lingua l' un estremo di tale catena mentre l' altro tiensi stretto fra la mano. Che se il Galvani non contrappose simile fatto al Volta, in conferma dell' elettricismo intrinseco proprio della rana, non mancò di estendere i suoi circuiti dai nervi motori ai sensorj, intendendo a dimostrarli con analoghi procedimenti elettro-fisiologici attivi tanto su gli uni quanto sugli

altri (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 235, 237, 365 *ec.*.. — *Collezione delle Opere del Volta vol. II, parte I, pag.* 94, 115, 158, 163, 182, 193, 198, 207, *parte II, pag.* 5, 18, 31, 42, 43, 121, *ec.*). D'altra parte le stesse correnti elettriche dirette lungo i nervi motori dispiegano una particolare efficacia promuovitrice delle contrazioni dei corrispondenti muscoli. Così è che gli archi galvanici e voltaici elettromotori applicati sui tessuti nerveo-musculari, nell'atto del chiudere il circuito valgono a promuoverne le contrazioni, nel tempo del chiuso circuito riducono li musculi a rilassamento, e nell'atto dell'aprire il circuito medesimo riproducono quelle contrazioni. Maniere di fenomeni e di avvicendamenti clettro-fisiologici proprj in ispecie dei tessnti nerveo-musculari volontarj; riscontrandosi invece che gli stessi circuiti sui tessuti nerveo-musculari involontarj riescono piuttosto nel tempo del chiuso circuito a suscitarne le contrazioni. Infatti osservasi, tanto nelle rane quanto nei conigli vivi o di recente spenti, che comprendendo il tubo gastro-enterico fra i poli di un elettromotore idrometallico, all'atto del chiudere il circuito ne risultano minimi o nulli gli avvaloramenti contrattivi peristaltici, quali piuttosto si suscitano nel tempo del chiuso circuito, declinando gradatamente dopo aperto il circuito medesimo. Il fatto poi elettro-fisiologico delle contrazioni all'atto di aprire il circuito, riconosciuto e confermato dal Valli al Galvani, dal Galvani al Volta fino a noi, questo fatto, eminentemente galvanico, se parve a taluno, come al Matteucci, anzi che una reale contrazione di fibre musculari, piuttosto ùn risalto elastico delle fibre stesse istantaneamente ripristinantisi dallo stato di loro flessione contrattiva alla naturale posizione rettilinea, il Marianini vittoriosamente rispose: 1.° che le fibre musculari contratte per l'azione di una corrente elettrica continuando questa ad agire si osservano riprendere la naturale loro posizione, e in onta a ciò al cessare repentino della corrente medesima seguirne le contrazioni; 2°. che al chiudere il circolo elettrico talora si contrae un muscolo o un'arto, mentre all'aprire del circolo stesso si contrae altro diverso muscolo od arto; 3°. che si può chiudere il circolo avviando così lentamente la corrente elettrica da

non conseguirne alcuna foggia di contrazione, ottenendosi però al momento dell'aprire siffatto circolo le più energiche contrazioni musculari. Ma poscia siffatte contrazioni proprie dell'atto di aprire il circolo elettrico, già da tutti gli osservatori e sperimentatori riconosciute quali vere e reali contrazioni, e non quali moti o risulti per elaterio distensivo delle fibre musculari, ed esse medesime opportune al riscontro delle correnti elettriche, furono altresì ammesse e calcolate dal Matteucci (*Lettre adressée au Doct. Fusinieri par le Prof. Marianini sur l' Opuscule intitulé*: *Observations de Mr. Ch. Matteucci sur la contraction qu'eprouvent les animaux au moment où l'on interrompt le circuit électrique dans le quel ils sont placés*: *Bibliothéque Universelle des Sciences ec. rédigée a Genève*, *Août* 1831). Anzi il Matteucci si fece avanti a l adottare col Marianini la legge per la quale si considerano le correnti elettropositive, dirette lungo i nervi verso i muscoli, capaci di promuovere le contrazioni solo nell'atto del chiudere, non in quello dell'aprire il circuito elettrico; e inversamente simili correnti rivolte verso l'asse cerebro-spinale capaci delle contrazioni non al chiudere, ma invece all'aprire il circuito medesimo. Però lo stesso Matteucci in seguito abbandonò pure questa dottrina, accogliendo piuttosto quella del Nobili: che cioè le correnti elettriche comunque dirette lungo i nervi costituiti nella pienezza del loro vigore fisiologico valgono in ogni caso, tanto al chiudere quanto all'aprire il circuito elettromotore, a promuovere le contrazioni musculari; e che solo trattandosi di tessuti nerveo-musculari scaduti da quel naturale loro vigore si verifica la suddetta speciale azione delle correnti dirette, lungo i nervi, dai tronchi verso le diramazioni loro, e delle inverse, ossia rivolte a senso opposto. Se non che da ultimo il Matteucci stesso si produceva, in Parigi, a tentare col Longet in proposito, e a narrare altri risultamenti; per li quali ambidue annunciarono che applicando un circuito elettrico alle sole radici nervee spinali anteriori, ossia motrici, le contrazioni dei corrispondenti muscoli non hanno luogo che al principiare della corrente inversa, o all'interrompersi della diretta; mentre che ove lo stesso circuito sia applicato ai nervi misti, ossia composti di radici o fibre

nervose motrici e sensorie, risorge la legge elettro-fisiologica dichiarata dal Nobili (*Essai sur les Phénomènes Electriques des animaux par M. Ch. Matteucci ec. pag.* 2, *etc. Paris* 1840. — *Lezioni di Fisica di Carlo Matteucci ec. tomo secondo pag.* 350. *ec. Pisa* 1841. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci ec. pag.* 19, 197, 199, 244, *ec. Paris* 1844. — *Matteucci e Longet ec. Annal. de Chim. et de Phys., tom. XIV septembre* 1844, *Paris*). Dietro tutte le quali cose fia oltremodo opportuno l'attenersi, in ordine a simile materia, alli più confermati risultamenti di fatto relativi alle correnti elettriche dirette lungo i nervi, e riconoscibili per la loro speciale efficacia nel promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli. Così è che il Grimelli disaminando in proposito le osservazioni e le esperienze del Galvani, del Volta, del Bellingeri, del Marianini, del Nobili, ed aggiungendo sue proprie esperienze addimostrava, qual legge primaria, che le correnti elettriche comunque dirette lungo i nervi valgono in ogni caso a promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli, e qual legge secondaria la discorsa parziale efficacia delle correnti dirette ed inverse. Il perchè conchiudesi che quanto la rana galvanica fresca e vigorosa risulta acconcia a dimostrare il corso qualunque siasi lungo i suoi nervi delle minori correnti elettriche, altrettanto la rana stessa scaduta dal naturale vigore della sua forza nerveo-musculare addiviene invece acconcia a dimostrare la direzione, lungo i nervi predetti, delle maggiori correnti elettriche, stante la accennata parziale loro efficacia nel promuovere le contrazioni musculari (*Grimelli, Osservazioni ed esperienze Elettro-Fisiologiche dirette ad instituire la Elettricità Medica pag.* 85, 106, 126, *Modena* 1839. — *Lettere Elettro-Fisiologiche all' Amici e al Bufalini ec. Bologna* 1843. — *Osservazioni ed esperienze intorno al metodo dell' Assopimento Animale ed Umano ec. pag. XXX, Modena* 1847).

18. E le correnti elettriche di qualsiasi origine si manifestano pure con particolari caratteri ed effetti fisico-chimici nei corpi così organizzati e viventi, come negli inorganici o minerali. Già l'elettrico comunque eccitato o mosso a corrente

tende ognora ad operare particolari disgregamenti ed aggregamenti materiali, seco trascinando i relativi principj molecolari ponderabili, e per l'un verso gli acidi o facienti ufficio di acidi o elettro-negativi, e per l'altro gli alcali o facienti l'ufficio di alcalini o elettro-positivi: quindi poi da ciò le norme e le leggi elettro-chimiche per le quali si riconosce, negli opportuni mezzi, a senso della corrente elettro-positiva il trasporto e il deposito dei principj elettro negativi, e viceversa a senso della corrente elettro-negativa il trasporto e il deposito de' principj elettro-positivi; mirabilissimi magisterj stanti i quali l'elettrico si appalesa lungo le vie idro-metalliche o umido-organiche, che percorre, colle traccie degli indicati procedimenti elettro-chimici, e delle polarità secondarie. Comunque poi ne piaccia riguardare le attenenze e i rapporti fra gli accennati procedimenti e le dette polarità, fatto è che così gli uni come le altre si prestano quali opportuni riscontri e contrassegni del corso elettrico. Quindi il Brugnatelli, il Nobili, il Marianini, dopo avere studiati simili fenomeni sui metalli in contatto dei liquidi ed attraversati dalle correnti elettriche, additarono negli scomposti elementi elettro-positivi ed elettro-negativi del liquido, e nella loro distinta associazione o deposito sulle superficie metalliche il fondamento essenziale delle polarità secondarie. Che se in questo stesso ordine di fatti il Ritter vide piuttosto un particolare accumulamento di elettricismo, il De La Rive una facoltà coercitiva dell' elettrico stesso con potere elettro-dinamico, il Faraday uno stato elettro-tonico delle molecole investite o influenzate dal corso elettrico, trattasi ognora di dichiarare, con varie teorie, quella efficacia delle correnti stesse per la quale lasciano lungo le vie che percorrono particolari riscontri e contrassegni, fino alla produzione delle polarità secondarie, e di relative correnti inverse. E per verità anche la rana galvanica posta a conveniente circuito con materiali i più acconci a manifestare simili azioni ed influssi dell' elettrico, addiviene essa pure capace di svolgere, mediante la propria corrente, i relativi procedimenti elettro-chimici, e di ingenerare altresì le polarità secondarie. Infatti congiungendo parecchie rane longitudinalmente per la sommità delle coscie e l'estremità delle gambe, e disponendole

a circuito con due laminette omogenee di platino infisse agli estremi di tale circuito, e poggiate a breve distanza sur una carta bagnata con soluzione acquosa di cloruro sodico, e tinta dalla laccamuffa, ottiensi una corrente la quale procedendo elettro-positiva dall' estremità delle coscie lungo la rispettiva lamina metallica alla carta, ivi tramuta la materia colorante dal ceruleo al rosso. Che se tale circuito chiudesi colle lamine di platino poste ad immediato contatto, in tal caso la stessa corrente elettrica si appalesa, stante le polarità secondarie che le accennate laminette ben presto assumono, riscontrandosi così capaci di una corrente inversa al galvanometro. Nel quale proposito torna altresì in acconcio l'avvertire che la stessa rana galvanica sottoposta a una corrente voltaica di una o poche coppie di rame e zinco manifesta nei proprj tessuti musculari gl' indicati procedimenti elettro-chimici e le accennate polarità secondarie. Basta a tal uopo mediante la carta tinta colla laccamuffa esplorare i tessuti percorsi dalla corrente elettrica, subito dopo interrota, per riscontrarli capaci di arrossare tal carta probatoria ove la corrente elettropositiva entrava, e di ripristinare al ceruleo la carta stessa ove la corrente esciva dai tessuti medesimi. Inoltre si verificano sulle stesse vie le polarità secondarie fino al punto che la corrente voltaica diretta dalle gambe alle coscie della rana, ossia nello stesso verso di quella propria dell' animale, riesce ben presto a manifestare una corrente inversa al galvanometro. Per le quali cose ne consegue che nei circuiti musculari chiusi la corrente loro propria rapidamente s' indebolisce, stante le polarità secondarie dei tessuti organici e dei metalli applicati, come fia palese nel seguito di simili argomenti. Frattanto però giovi l' avvertire che mentre il Peltier riconobbe sui tessuti musculari compresi fra l' elettromotore voltaico i procedimenti elettro-chimici in un colle polarità secondarie, fino a derivare da queste le contrazioni all' atto di aprire il circuito, il Marianini riguardò piuttosto in sui tessuti medesimi l' elettrico trattenuto ed accumulato in guisa da promuovere una inversa corrente secondaria, capace di occasionare, all' atto dell' aprimento del circuito, le contrazioni musculari. Maniere di argomenti e di fatti galvanici e voltaici il cui esame fia, come più avanti,

oltremodo importante all' uopo di riconoscere e scandagliare tanto le correnti proprie dei tessuti nerveo-musculari, quanto le voltaiche applicate sui tessuti medesimi, in un colle loro vicende (*Marianini Lettera all' Accademia Reale delle Scienze di Parigi sopra la causa alla quale il signor Peltier attribuisce le contrazioni che provano gli animali quando s' interrompe il circuito voltaico*: *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto tomo V*, 1835. — *Matteucci Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux etc. pag.* 14 *etc. Paris* 1840. — *Id. Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux etc. pag.* 65, 89, 211, *Paris* 1844. — *Id. Memorie Della Società Italiana Delle Scienze tomo XXIII, Parte Matematica, Modena* 1845).

19. Fra i varj caratteri poi o contrassegni fisici proprj delle correnti elettriche, quello che, sovra ogni altro, risulta opportunissimo a riconoscerle e scandagliarle in ogni estensione e precisione riducesi al loro conflitto elettro-magnetico; pel quale, scorrendo a lato dell' ago calamitato, ne inducono declinazioni con norme e leggi le più determinate e costanti. E per verità dopo che le correnti elettriche additate dal Galvani, insegnate dal Volta, ricercate e tentate dall' Aldini e dal Romagnosi in relazione all' influsso magnetico, furono viste, dietro gli studj e le osservazioni dell' Oersted, dell' Ampere, dello Schweigger, del Nobili, del Marianini, del Gherardi, e di altri non pochi così italiani come stranieri, fornite di una particolare azione sugli aghi calamitati, le conseguenti declinazioni orientali e occidentali degli aghi stessi si offersero oltremodo opportune a riconoscere e a scandagliare in un colla intensità la direzione delle correnti medesime. Quindi poi, dopo che lo Schweigger e il Marianini ebbero additato che si moltiplicava l' azione della corrente elettrica sull' ago calamitato col ripiegare il filo percorso dalla corrente stessa e col rivolgerlo al di sopra e al di sotto dell' ago, risultandone così il galvanometro moltiplicatore, il Nobili produsse mediante centuplicati ripiegamenti del filo fra due aghi astatici il suo galvanometro squisitissimo per indicare le più lievi e fuggevoli correnti elettriche. Mercè il quale preziosissimo congegno, munito agli estremi del suo filo con due lamine metalliche omogenee,

dirette a raccogliere le ricercate correnti, restò pure riconfermato l' intendimento galvanico, egregiamente illustrato dall' Aldini, di addimostrare sui tessuti nerveo-musculari esclusa o equilibrata la forza elettromotrice metallica, e all' un tempo appalesata una corrente elettrica procedente dai tessuti stessi (*Galvani Collezione ecc. pag.* 332). Infatti raggiungendo daddovero in proposito le fondamentali osservazioni galvaniche relative ai circuiti instituiti sui tessuti nerveo-musculari con armature omogenee riunite mediante acconcio arco di metallo, e le fondamentali osservazioni galvanometriche instituite sui tessuti medesimi, si riscontra che le armature omogenee e l'arco metallico del Galvani corrispondono appunto alle appendici estreme e al filo congiuntivo del galvanometro; quindi poi nel primo caso la corrente elettrica risulta manifestata dalle contrazioni musculari, mentre nel secondo lo è invece dalle declinazioni dell' ago calamitato: foggie di indicazioni che tornano tanto più concludenti a dimostrare la corrente propria dei tessuti nerveo-musculari, quanto più omogenee si usano e si mantengono le armature galvaniche, e le appendici galvanometriche. Laonde a serbare omogenee le accennate armature metalliche e le appendici galvanometriche giova applicare così le une come le altre a conduttori umidi, essi pure omogenei, comunicanti coi nervi e coi muscoli, in guisa da escludere o equilibrare ogni forza elettromotrice idrometallica. S'aggiunge che le armature e le appendici stesse in un coi relativi conduttori umidi quanto più son estese attorno i nervi e i muscoli, tanto più riescono a raccogliere e ad avviare a circolo l'elettrico promotore delle contrazioni musculari e delle indicazioni magnetiche. Nel caso poi del circuito galvanico necessita che l'elettrico proceda ristretto lungo gli isolati nervi crurali, all'uopo delle maggiori contrazioni musculari; e nel caso del circuito galvanometrico necessita che l' elettrico proceda lungo l' isolato filo metallico, all' uopo delle maggiori indicazioni magnetiche. Le quali maniere di corrispondenze tra il circuito galvanico e il galvanometrico sembra non siano state abbastanza avvertite, e rivolte alla più opportuna ed utile applicazione e direzione del galvanometro nel raccogliere e riscontrare le correnti musculari della rana.

Così è in fatti che il Nobili, nello scandagliare in simile animale la corrente dai piedi alla testa, disponeva l'animale stesso in guisa che tal corrente fosse stretta a transitare lungo le sole anguste vie conduttrici dei nervi lombari, come si conviene all'uopo delle contrazioni, anzi che offrire alla corrente medesima altresì le ampie vie conduttrici dei muscoli crurali e lombari, come si conviene appunto all' uopo delle maggiori indicazioni galvanometriche. Parimenti il Matteucci, attenendosi in ciò al Nobili, otteneva risultamenti conformi a questo, risguardanti l'accennata corrente della rana; e d'altra parte raccogliendo egli simile corrente dagli stessi tessuti musculari, posti nel circuito galvanometrico per varj estremi o sezioni, argomentava altre risultanze, da lui poi comprese sotto il nome di corrente musculare. Ma il fatto è che dalle stesse originali osservazioni ed esperienze del Galvani risulta trattarsi in ogni caso dell' elettricismo medesimo procedente dalla compage organica nerveo-musculare, e al quale i tronchi nervosi si prestano quali conduttori atti a compiere il circuito elettrico. S' aggiunge che simile circuito, compiuto mediante il galvanometro applicato alle stesse masse musculari, comunque esclusi o compresi i circostanti nervi o tendini, manifesta pure quell' elettricismo rivolto a correnti di varia intensità e direzione, a seconda di varie condizioni, relative in ispecie alla diversa preparazione dei tessuti organici. Maniere di osservazioni e di esperienze, che, a riconferma e dichiarazione dell' elettricismo nerveo-musculare galvanico, fiano esposte e debitamente svolte nel seguito di queste pagine.

ARTICOLO SECONDO

Animali preparati alla galvanica, ed in ispecie rane disposte all' uopo di riconoscere l' elettricismo dei loro tessuti nerveo-musculari.

20. Gli animali sono forniti di particolari tessuti nerveo-musculari, contraddistinti per uno speciale complesso di caratteri anatomici, di attributi fisiologici, di ufficj psicologici; in guisa che le loro azioni e funzioni promosse ed occasionate o per magistero e contingenza naturale, o per opra e tentativo d' arte offrono le più mirabili vicende di sensazioni e contrazioni, con norme non mai abbastanza studiate a vantaggio della scienza e dell' arte salutare. In ordine ai quali argomenti fia pur degno l' avvertire che, tra le famose discussioni degli Halleriani intorno ai tessuti sensibili ed insensibili, irritabili ed inirritabili, il Galvani intendeva piuttosto a ridurre a sperimentale dimostrazione il concetto fisiologico di un particolare principio etereo o imponderabile considerato come avente gran parte nella costituzione e nell' esercizio della forza nerveo-musculare (*Galvani Opere pag.* 52, 253, 502 *ec.*). E addirizzate in proposito le sue viste all' elettrico facevasi avanti a ricercare i più adatti metodi di preparazione degli animali per riconoscere, in ogni possibile estensione, le azioni e gli effetti di quell' agente o dall' esterno condotto ed applicato sui medesimi, ovvero suscitato e svolto dall' intimo dei loro tessuti viventi, ed altresì ridotti ad esalare le estreme aure di vita. Anzi di tal guisa ridotto l' animale al solo esercizio e sforzo nerveo-musculare promosso e suscitato dall' elettrico, colle più singolari e mirabili vicende di contrazioni e di moti analoghi ai volontarj, ne è conseguito il concetto e il nome di *vita galvanica*. Maniere di preparazioni

e di esperienze galvaniche che restano pure tuttora quali più acconcie vie per riconoscere e scandagliare, sui tessuti nerveo-musculari, il ricercato agente etereo o imponderabile, mediante le sue azioni e i suoi riscontri elettro-fisiologici, elettro-chimici, elettro-fisici.

21. Laonde dietro le magistrali osservazioni del Galvani fu riconosciuto che gli animali preparati e disposti in modo da avviare sui loro nervi e muscoli l' elettrico di qualsiasi origine, a corrente e a circolo, offrono li più mirabili fenomeni e le più singolari vicende di contrazioni e rilassamenti musculari. Gli invertebrati, sebbene forniti di tessuti contrattili in genere tanto all'elettrico, quanto ad ogni altro stimolo fisico-meccanico o fisico-chimico, e talora anche più a questi che a quello, tuttavolta preparati alla galvanica, in guisa da avviare le correnti elettriche lungo gli isolati loro rami nervosi e corrispondenti fibre musculari, presentano le più manifeste contrazioni delle medesime. Parimenti gli animali vertebrati, sebbene offrono nei loro tessuti nerveo-musculari involontarj una consimile indole irritabile tanto all' elettrico quanto ad ogni altro stimolo, pure instituendo su quei tessuti i circuiti galvanici o voltaici ne addimostrano promosse e provocate le contrazioni alla loro maniera. Gli stessi animali vertebrati si addimostrano poi forniti di tessuti nerveo-musculari volontarj di siffatta indole irritabile per la quale reagiscono agli accennati circuiti elettrici con sì vivaci e reiterate contrazioni e movimenti, che nessun altro stimolo o fisico-meccanico o fisico-chimico è capace di suscitare e riprodurre. Per le quali foggie di osservazioni e di esperienze fu pure riconosciuta, dietro il Galvani, la speciale efficacia de' suoi circuiti instituiti sui tessuti nerveo-musculari involontarj di promuoverne le contrazioni, anzichè negli atti del chiudere o dell'aprire, piuttosto nel tempo del mantenere chiusi li circuiti stessi; mentre che applicati sui tessuti nerveo-musculari volontarj ne producono e riproducono le contrazioni piuttosto negli atti e momenti del chiudere o del aprire, che in quelli del mantenere chiusi i circuiti stessi (*Galvani Mem. V. allo Spallanzani*). Che se la mirabile efficacia delle correnti elettriche di promuovere sui nervi e sui musculi gli effetti loro proprj eziandio nell' atto o momento di loro cessazione o

sottrazione dai nervi o muscoli stessi è stata ravvisata da taluno, come dal Matteucci (*Essai etc. p.* 33), solo propria ed assolutamente distintiva delle azioni elettriche, a differenza d'ogni altro stimolo, necessita avvertire che siffatto carattere si verifica pure in ordine ad altri stimoli, in ispecie per agenti imponderabili. Così è infatti che tanto la applicazione quanto la sottrazione del calorico alle fibre sensibili ed irritabili suole promuovere particolari effetti di senso o di moto; e che la luce applicata sulla retina, e repentinamente sottratta alla medesima occasiona particolari sensazioni di colori conosciuti dai Fisici sotto nome di colori accidentali, e particolari corrispondenti moti dell' iride variamente dai Fisiologi ragionati. Che anzi, a ben riguardare in proposito le cose, si riscontra comune agli agenti imponderabili più intrinsecati coll' esercizio di alcune funzioni vitali il carattere di commuovere, tanto per l'applicazione quanto per la sottrazione, specialmente repentina, di quegli agenti, l'esercizio delle funzioni sensorie e motrici.

22. Il Galvani poi rivolse le sue preparazioni ed osservazioni elettro-fisiologiche sugli animali vertebrati tanto a sangue freddo, quanto a sangue caldo fino all'uomo stesso. Egli quindi avvertiva che negli animali a sangue caldo alla difficoltà della preparazione con isolamento dei nervi e musculi s'aggiunge il rapido infralire e scadere delle loro forze organico-vitali e d'ogni relativa facoltà elettro-fisiologica; però all'un tempo avvisava che, finchè in essi sussiste in un colla vita, o nei primi istanti dopo morte, il naturale vigore di loro forza nerveo-musculare, si riesce a promuovere cogli adatti artifizj i maggiori fenomeni elettro-fisiologici di contrazioni musculari. Del che già l'Aldini ne offerse ripetute ed egregie prove, fino a dimostrare in varie specie di quadrupedi, conigli, cani, vitelli, e di uccelli, polli ed anitre, così vivi come di recente spenti, che isolando uno dei nervi crurali fino alla regione del poplite, quindi ripiegandolo ad arco verso di un punto qualunque dei muscoli gastrocnemj ne risultano all'atto del compiere siffatto circuito le contrazioni loro e dell'arto intero (*Memorie Della Società Italiana delle Scienze*, *tomo XIV*, *Parte II*, *pag.* 330, *Verona* 1809). D'altra parte risulta dalle stesse osservazioni del Galvani che gli animali vertebrati

a sangue freddo si offrono, non solo nello stato di vita, ma eziandio dopo morte oltremodo opportuni a simili esperienze, stanto le facili preparazioni dei loro nervi e muscoli volontarj, e la tenacità della relativa forza nerveo-musculare. Perciò furono generalmente rivolte sovra gli accennati animali le osservazioni e le esperienze galvaniche risguardanti l'elettrico operoso sui nervi e sui muscoli volontarj, e svolto col magistero dei mirabili circuiti elettro-fisiologici. Per tal guisa fra simili animali furono riscontrate le rane tanto più opportune all'uopo, quanto più agevoli a rinvenirsi in ogni luogo e in ogni tempo, e quanto meglio acconcie alle accennate preparazioni ed esperienze. Quindi or fia opportuno il rivolgere particolari considerazioni intorno a siffatti argomenti riguardati a maniera galvanica, specialmente in ordine alle preparazioni rivolte a riconoscerne l'elettricismo fisiologico, e le relative correnti elettriche.

23. Dietro consimili osservazioni ed esperienze galvaniche il Volta, sovra ogni altro, si fece avanti ad estenderle agli animali così a sangue freddo come a sangue caldo, tanto vivi quanto spenti e preparati di varie guise *(Collezione delle Opere del Volta vol. II, parte I, pag.* 55, 104, 118 *ec.)*. Laonde riconfermò e svolse con bella maestria, che applicati mediatamente o immediatamente sui tessuti nerveo-musculari gli archi galvanici, se ne promuovono le contrazioni, con vicende varie a seconda della varia indole di que' tessuti, e degli applicati archi. Così ei riconfermò e dimostrò simili circuiti quanto feraci di effetti elettro-fisiologici sui nervi e sui muscoli volontarj, altrettanto inefficaci sui nervi e sui muscoli involontarj: e inoltre svolse e tenne a calcolo supremo la particolare efficacia degli archi galvanici composti di metalli eterogenei o dissimili, fino ad ergervi sopra la splendida dottrina del contatto elettromotore. Battendo le quali vie di osservazione e di esperienza avvertì, che mentre in molti animali conviene applicare quegli archi sui loro tessuti tanto più svestiti della cute quanto meno questa è conduttrice dell'elettrico, in altri invece, come in varj pesci, le armature e gli archi applicati sulla cute loro presentano i maggiori riscontri elettro-fisiologici di contrazioni. Foggie di osservazioni che giova fin d' ora richiamare come attinenti altresì

ad una particolare efficacia dell' integumento cutaneo nel ritenere all' interno, o rivolgere all' esterno il circolo elettrico nerveo-musculare. Di tal guisa appunto le torpedini riscontransi dotate di una cute che ne favoreggia oltremodo i loro circoli e le loro scariche estracutanee. Singolari procedimenti che s' attengono alla conducibilità elettrica, e alle comunicazioni organiche dell' integumento cutaneo coi sottoposti tessuti, ai quali si rivolgono le correnti estrinseche, o dai quali muovono le intrinseche (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 227, 230 *ec.*). Il perchè negli animali forniti di cute mucosa, ben deferente dell' elettrico e ben connessa ai sottoposti tessuti cellulari e vascolari, nervei e musculari, l' elettrico tragitta e scorre di leggieri così dall' esterno come dall' interno, fino al punto che le maggiori scosse e correnti si ottengono dagli organi delle torpedini piuttosto attraverso la loro cute che li ricopre, anzichè dagli stessi organi svestiti della cute medesima: per l' opposito negli animali forniti di involucro cutaneo meno mucoso e meno connesso ai sottoposti tessuti, come nei rettili e batraciani, e nelle rane stesse, giova togliere siffatto involucro per l' effetto dei più efficaci circuiti elettro-fisiologici; e negli animali a sangue caldo fino all' uomo la cute quanto più arida o coperta di involucri coibenti, tanto più necessita inumettarla con buoni deferenti, o svestirla degli accennati coibenti per gli effetti elettro-fisiologici in discorso. Dietro le quali cose giova pure l' avvertire che in qualsiasi animale togliendone la cute per metterne a discoperto i muscoli restano lacerati i vasi e i nervi comunicanti tra quella e questi, corrispondendo tale lacerazione come al mettere a discoperto l' interno tessuto musculare mediante la sua sezione; perciò ogni punto di quelle lacerazioni egli è propriamente a riguardarsi a maniera dell' interno tessuto sezionato, e ben capace di dar corso e circolo all' elettrico lungo gli intimi tessuti nerveo-musculari: di tal guisa riscontrasi che, adducendo il tronco nervoso crurale della rana al contatto della superficie musculare sezionata ove maggiore è la copia dei rami nervosi, come nelle parti inferiori della gamba, ne risulta il più attivo circuito elettro-fisiologico galvanico. Stanti le quali cose ne consegue che l' usato linguaggio di interno, e di esterno

del muscolo, in senso di ripartimento e corso elettrico, è a considerarsi relativo ai tronchi e ai rami nervosi, anzichè alle parti sezionate o integre dei tessuti musculari. Così è che il muscolo sia integro o sezionato suole offrire verso i tronchi nervosi le sue proprietà elettro-fisiologiche corrispondenti all'interno, e verso i rami le inverse proprietà corrispondenti all' esterno. Maniere di considerazioni che giovi ora l'avere accennate, occorrendo poi applicarle daddovero alle esperienze galvaniche specialmente relative all' elettricismo nerveo-musculare delle rane.

21. Fra la classe degli animali vertebrati, dell'ordine batraciani, del genere rane, la specie *rana esculenta*, allignante ovunque sulle sponde dei torrenti e nei fondi paludosi, riesce oltremodo opportuna alle preparazioni ed esperienze elettro-fisiologiche galvaniche. Simili animali sogliono eziandio rinvenirsi comunemente nello stato più sano ed acconcio alle normali osservazioni ed esperienze, riscontrandosi solo qualche volta nei maggiori calori estivi attaccati da speciali affezioni verminose e pustulari (*Caldani F. Osservazioni sopra le idatidi delle ranocchie*: *Memorie della Società Italiana ec. tomo VII*, *pag.* 312, *Verona* 1794. — *Expériences sur le Galvanisme etc. par F. A. Humboldt etc. pag.* 266, *Paris* 1799). Nei climi poi e nelle stagioni temperate, come presso noi, in primavera specialmente al risorgere dal sopore jemale, o in qualsivoglia altra stagione dell' anno al favore di una temperatura di circa dieci gradi del termometro ottantigrado di Reaumour, l' accennato animaletto si riscontra meglio adatto e capace dei fenomeni in discorso. (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 161). Sia di sesso maschile o femminile, sia di tenera o di adulta età, quanto più svilnppato nel suo sistema nerveo-musculare volontario, specialmente con predominio nervoso sul sanguigno, manifestato dai cordoni nervei ben cospicui e dai relativi muscoli piuttosto esangui, tanto più addiviene acconcio ed abile ad offrire i fenomeni galvanici. La sua capacità a tali fenomeni riscontrasi ognora più spiegata e durevole ove l'animale sia tolto di fresco dal luogo natio, o serbato in recipienti nei quali si combinino possibilmente le condizioni di simili luoghi, come di letto sabbioso

nmettato e di terriccio palustre, di aria libera, e di media temperatura. Quindi nel freddo invernale giova intiepidire la rana, e nel caldo estivo rinfrescarla, cosicchè nell' uno e nell' altro caso resti preparata alla temperatura di circa 10 gradi del termometro R., quale risulta sempre la più opportuna alle osservazioni ed esperienze galvaniche d' ogni modo instituite sulle rane. Infatti la rana presso lo zero addiviene torpida e soporosa, in guisa che ottiensi irritabile piuttosto agli agenti fisico-meccanici, pressioni, urti, recisioni, lacerazioni, di quello che alle azioni elettriche; ed oltre i venti gradi offre una particolare irritabilità agli agenti fisico-chimici, calore e fuoco, acidi ed alcali e sali, anzichè a quelle miti correnti elettriche che sono argomento fondamentale degli studj galvanici. L'animale stesso decapitato, e col midollo spinale integro, ridotto ai corrispondenti tessuti nerveo-musculari, quanto maggiormente agita le membra con alternati moti di flessione e di estensione, tanto meglio risulta capace di sussistente forza nerveo-musculare e dei relativi fenomeni elettro-fisiologici. Col distruggerne poi il midollo spinale, mediante cilindretto rigido introdotto lungo la teca vertebrale, devono prodursi all'atto di simile introduzione entro le prime vertebre le maggiori contrazioni di flessione, e proseguendo fino alle ultime vertebre le maggiori contrazioni di estensione degli arti addominali; dietro i quali riscontri resta, in brevi istanti, cogli arti stessi quieti e rilasciati, e all' un tempo capaci e vigorosi per ogni magistero di fenomeni galvanici. In siffatte preparazioni ben fresche e recenti riscontrasi che i nervi quanto meglio isolati dai circostanti tessuti e scevrati dai loro vasi sanguigni, tanto più sensibili riescono alle minime correnti elettriche dirette lungo i medesimi; e i muscoli quanto meno rossastri e injettati di sangue, tanto meglio offrono sviluppato l' elettricismo loro proprio: lo che fu già avvertito e dichiarato dallo stesso Galvani, addimostrando simili condizioni le più favorevoli per instituire i pretti circuiti nerveo-musculari coi relativi effetti elettro-fisiologici. Se non che giova in proposito notare fin d' ora la facile complicanza, per la quale, stante la accennata flussione sanguigna, la massa musculare addiviene e si serba meglio conduttrice dell' elettrico, ed elettromotrice per contatto di

materiali eterogenei. Quindi poi occorse di osservare al Fowler lo stato di flussione sanguigna straordinaria sui muscoli, posti e mantenuti a circuito con archi metallici, ben acconcio ai relativi fenomeni elettro-fisiologici; e dietro simili osservazioni del Fowler il Matteucci pure avvertiva quello stato di flussione sanguigna favorevole alla corrente elettrica, avviata dai tessuti musculari lungo il Galvanometro (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 75, 87, 98, 201, 287, 291, 292, 311, 312, 472. — *Histoire du Galvanisme etc. par Sue etc. Premiere partie pag.* 218, *Paris* 1802. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des animaux par Ch. Matteucci etc. pag.* 109, 110, *Paris* 1844).

25. Fatto è poi che dalle più universali e confermate osservazioni risulta che nelle rane, eziandio dopo la soppressione del circolo sanguigno, e il maggiore dissanguamento dei loro tessuti nerveo-musculari, stante la recisione del cuore e dei vasi maggiori, sussiste più o meno a lungo tutta la opportuna capacità elettro-fisiologica ai relativi fenomeni, come lo addimostrano le varie foggie di preparazioni e di esperienze galvaniche. E primieramente le rane spogliate della cute e dei visceri, e ridotte, col capo e la colonna vertebrale o spinale, agli arti, ai relativi nervi e muscoli, restano a dilungo con tutto il vigore fisiologico di simili tessuti, fino a saltellare attorno, e a rifuggire alle minime impressioni di stimoli e specialmente di azioni elettriche. Quindi si reseca e si asporta il tratto inferiore di colonna vertebrale corrispondente ai plessi ossia fasci o cordoni nervosi lombari, cosicchè tali cordoni restino qual nesso tra gli arti toracici ed addominali; e per tal modo sono impediti gli accennati saltellamenti dell'animale, rimanendo all' un tempo gli isolati cordoni nervosi disposti ad accogliere ogni corso elettrico, e a menifestarlo colle maggiori contrazioni musculari. Che se si apre il cranio e la colonna vertebrale, ponendo a discoperto il cervello in un col midollo, si prepara in tal guisa l'asse cerebro-spinale agl' immediati cimenti galvanici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 87, 114). In secondo luogo le rane, spogliate della cute e dei visceri, ed inoltre prive del capo e degli arti toracici, si riducono, per la resecazione del tratto inferiore di

colonna vertebrale, al tronco superiore della colonna stessa, ai cordoni nervosi lombari o crurali, agli arti addominali, favorendo così l' elettrico a scorrere lungo il tronco spinale e i nervi e i muscoli; gli stessi arti addominali poi divisi pel sommo delle coscie, e attinentisi pel solo rispettivo nervo lombare al tronco spinale, offrono la opportunità del corso elettrico or, distinto su ciascun arto or dall' uno all' altro: foggia di preparazione galvanica per la quale inoltre si osserva la stessa corrente elettrica procedere all' un tempo nell' un arto lungo i nervi verso i musculi, e nell' altro viceversa da questi a quelli (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 63, 91, 223, 359, 364). In terzo luogo ridotte le rane ai plessi o fasci o cordoni nervosi lombari o crurali recisi in prossimità della spina, e attinentisi ai soli arti addominali nudati o vestiti della loro cute, servono alle più delicate esperienze galvaniche; così è che la sezione trasversale di quei nervi riesce capace di accogliere e di avviare efficacemente entro i tessuti musculari le minime e più fuggevoli correnti elettriche: s' aggiunge che i corrispondenti musculi lasciati vestiti della cute loro propria serbano la più squisita e durevole forza nerveo-musculare (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 280, 297, *ec.*). La rana poi divisa longitudinalmente e dimidiata pel sommo delle coscie, riducendola ad un solo arto addominale munito del rispettivo cordone nervoso lombare, risulta opportunissima essa pure a riconoscere e a scandagliare le minime e più fuggevoli correnti elettriche. Anzi a tal uopo giova altresì separare dall' interno della coscia, ed isolare dai circostanti tessuti musculari il nervo crurale fino presso il ginocchio, resecando eziandio tutta la coscia, e restando così il lungo tratto nervoso connesso alla gamba nudata o vestita di sua cute: di tal guisa avviata e rivolta la corrente elettrica, di qualsiasi origine, lungo il nervo, e all' uopo mantenuta isolata la gamba, questa si presta colle sue contrazioni al più squisito galvanoscopio (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 280, 281, *ec.*. — *Caldani Ricerche sull' Elettricità Animale ec. pag.* 65, *Padova* 1794. — *Aldini ec. Memorie della Società Italiana, tomo XIV parte II, pag.* 330, *Verona* 1809. — *Matteucci Traité ec. pag.* 28. *ec. Paris* 1844). Anche un muscolo

resecato e distaccato dalle membra animali, e tuttor fresco e vivace, torna in acconcio a diverse osservazioni ed esperienze galvaniche: per tal guisa il muscolo stesso, sia munito, sia spogliato dei suoi tronchi nervosi, applicandolo sui nervi della rana, compie particolari circuiti elettro-fisiologici già proposti e svolti dal Galvani, dall' Aldini, dal Valli, dall' Humboldt, e da altri non pochi; foggie di circuiti che instituiti eziandio coi muscoli degli animali a sangue caldo sui nervi della rana condussero a dimostrare le correnti elettriche musculari galvaniche estese ad ogni ordine di animali (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 151, 184, 360, 475 *ec.*. — *Aldini Saggio di esperienze sul Galvanismo ec. pag.* 69, 70, *Bologna* 1802. — *Id. Essai ec. sur le Galvanisme ec. pag.* 3, 27 *ec. Paris* 1804. — *Humboldt Expériences sur le Galvanisme ec. pag.* 33, 34 *ec. Paris* 1799. — *Matteucci Traité etc. pag.* 51, *ec. Paris* 1844). E in ordine a questa stessa materia torna in acconcio l' avvertire ancora che più rane preparate alla galvanica furono disposte a conveniente circuito, all'uopo di osservarne avvalorati e rinvigoriti i relativi fenomeni galvanici; di tal guisa si combinarono più rane l' una a fianco o addossata all' altra, intendendo così coll' unire nervi a nervi, muscoli a muscoli di estendere e sommare il rispettivo loro elettricismo a foggia delle ordinarie batterie leidensi (*Valli Lettera seconda e ottava sull' Elettricità Animale, Torino* 1792. — *Aldini Saggio di esperienze sul Galvanismo pag.* 81, *Bologna* 1802). D' altra parte si intese piuttosto a combinare le rane in serie longitudinale, cosicchè i nervi dell' una seguano ai muscoli dell' altra prossima, estendendo in siffatta guisa il circuito (*Caldani Osservazioni ec. Ricerche sull' Elettricità Animale ec. pag.* 106, *Padova* 1794. — *Nobili Memorie ed Osservazioni ec. volume I, pag.* 75, *Firenze* 1834). Tornò pure in acconcio ridurre le rane ai soli arti inferiori e unirle in serie longitudinale, congiungendo la sommità delle coscie coll' estremità delle gambe, ovvero anche instituire simili catene di tessuti musculari cogli arti divisi alla sommità delle coscie, o colle sole coscie, o colle sole gambe, o colle metà superiori o inferiori delle coscie e delle gambe stesse (*Lettera del*

Grimelli all' Amici ec. Nuovi Annali delle Scienze Naturali ec. tomo X, Bologna 1843. — *Matteuci Traité etc. pag.* 55, 94 *ec. Paris* 1844).

26. Comunque le rane siano preparate, la loro forza nerveo-musculare e i relativi fenomeni galvanici si producono e mantengono con assai variabile intensità e durata, scadendo e dileguandosi più o meno presto, a seconda di varie circostanze ed influenze operose sui tessuti organici. E primieramente il vario genere di morte delle rane coopera a renderne i fenomeni in discorso variamente intensi e durevoli; così è che uccise per pronta resecazione ed asportazione dei visceri risultano capaci dei più intensi e durevoli fenomeni galvanici, mentre che spente mediante sostanze velenose o tossiche offrono simili fenomeni meno intensi e durevoli; spente perfino colle sostanze nervine più capaci di esaltare, nello stato di vita, la forza nerveo-musculare, anzichè riescire meglio capaci, piuttosto addivengono meno atte ai fenomeni risguardanti l'elettricismo loro proprio: cimenti sperimentali già di buon'ora instituiti dal Caldani, dal Valli, dal Brugnatelli, dal Reinhold, dall' Humboldt e da altri, con risultamenti tanto più variati, quanto meno fu adoperato a ben sceverare, nei circuiti galvanici, l'elettricismo proprio dei tessuti nerveomusculari da quello insorto per azione elettromotrice degli applicati archi metallici o idrometallici (*Caldani Riflessioni ec. ed Esperienze sulla Elettricità Animale pag.* 173, *Padova* 1792. — *Annali di Chimica e Storia Naturale ec. tomo VII, Pavia* 1795. — *Histoire du Galvanisme etc. par Sue etc. primiere partie pag.* 42, 61, 168, 174, 220, *Paris* 1802). Comunque poi uccise e preperate le rane, i loro tessuti organici posti a discoperto e al contatto dell'aria soggiaciono alla più nociva evaporazione con dispersione dell'umido naturalmente loro proprio; nè l'umettarli con acqua o acquosa soluzione qualsiasi vale a restituire loro quel particolare ammollimento fisiologico che tanto coopera ai fenomeni galvanici: s' arroge che per l' azione ossigenante dell' aria esercitata direttamente sui tessuti nerveo-musculari, questi restano alterati con notevole deperimento di loro facoltà elettrofisiologica, come avviene altresì entro l' ossigene puro; pa-

rimenti nei gaz non ossigenanti, quali l'azoto, il gas acido carbonico, il cloro, l'idrogene, i tessuti nerveo-musculari esalano gaz acido carbonico ognora con deperimento di loro facoltà elettro-fisiologiche: foggie di osservazioni e di esperienze intorno alle quali restano però ancora a desiderarsi conclusioni ben accertate e concordi (*Joannis Aldini de Animali Electricitate Dissertationes duae etc. Diss. II, pag. XIX, Bononiae* 1794. — *Humboldt Expériences sur le Galvanisme etc. pag.* 72, 75, 82, 244, 381, *Paris* 1799. — *Matteucci Ricerche Elettro-fisiologiche ec. Memorie della Società Italiana, tomo XXIII, Modena* 1845). Per tutte le quali cose necessita valutare daddovero la diversa capacità di forza nerveo-musculare e dei relativi fenomeni elettro-fisiologici. Il Galvani in proposito stabiliva tre stati: il primo nel quale la forza nerveo-musculare è massima e valevole ad offrire, mercè il pretto circuito nerveo-musculare o l'arco omogeneo, le più complete contrazioni; il secondo nel quale è media, ed occorre il circuito composto con arco eterogeneo metallico per le contrazioni stesse; il terzo nel quale è minima, in guisa che mediante gli archi eziandio i più eterogenei or sorgono or mancano le contrazioni, a seconda di varie circostanze, come la variata applicazione dell'arco stesso, o il riposo conceduto ai tessuti nerveo-musculari: maniere di conclusioni galvaniche che restano pure tuttora norme acconcissime per riconoscere e scandagliare il vario stato della forza nerveo-musculare e i relativi fenomeni elettro-fisiologici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 159. *ec.*). E appunto dietro tali osservazioni del Galvani il Volta si fece a discernere e a precisare la diversa sensibilità elettrica della rana, a seconda della varia sua preparazione e dei periodi della medesima: quindi assegnò i vari gradi di forza elettrica applicabili alla rana integra, o decapitata, o ridotta coi nervi lombari a nudo, o armata, per ottenerne le contrazioni musculari (*Collezione delle Opere del Volta ec. tomo II, parte I, pag.* 3, 38, 56, 68, 79, 126, 263 *ec.*). Però in tale proposito giovi l'avvertire che il Volta, nel distinguere esso stesso i varj periodi di forza organico-vitale, o, come disse, di vitalità elettrica, accordò tale estensione al pri-

mo e massimo di que' periodi, da trarne deduzioni non riferibili al medesimo, come meglio fia palese in seguito (*Collezione delle Opere del Volta ec. vol. II, parte I, pag.* 43, 77, 125, 188, 200, *parte II, pag.* 36, 39).

27. Le accennate varie preparazioni delle rane riscontransi già dal Galvani rivolte a riconoscere l'elettricismo proprio dei tessuti nerveo-musculari, e a scandagliarlo mediante i riscontri elettro-fisiologici delle contrazioni. Per tal guisa gli originali di lui studj si avviarono sulle rane medesime esposte all' atmosfera di una ordinaria macchina elettrica influente, con particolare magistero elettro-fisiologico, a promuovere le più mirabili vicende di contrazioni: maniere di fatti che or torna tanto più in acconcio il richiamare, quanto più furono di leggieri trasandati e ridotti al solo atto del discioglier-si l' accennata atmosfera elettrica con riflusso e scarica dai corpi circostanti sui prossimi tessuti nerveo-musculari, e quindi con effetto elettro-fisiologico delle contrazioni; modo di procedimento che fu pure indicato ed accolto dal Galvani stesso, insistendo però nel riguardare in simile magistero, e nel distinguere le azioni elettriche comunque dall' esterno condotte sui tessuti organici, e quelle indotte per entro i tessuti medesimi, cooperanti le une e le altre agli stessi effetti elettro-fisiologici delle contrazioni (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 74, 88, *Opere ec. pag.* 111, 124, 206, 238. — *Collezione delle Opere del Volta ec. volume II, parte I, pag.* 56, 65, 122). E per simili vie d' osservazione e d' esperienza pervenuto il Galvani a discoprire sulle rane medesime i mirabili circuiti instituiti sui tessuti nerveo-musculari con archi metallici, o eterogenei, o omogenei, ed eziandio umidi inorganici o organici conduttori dell' elettrico, intese ognor più a dimostrare in que' tessuti la facoltà di svolgere un particolare elettricismo fisiologico, e la proprietà di manifestarlo mediante le notate vicende delle contrazioni. Per tal guisa offriva all' un tempo in sugli stessi tessuti del medesimo animale una particolare foggia di elettromotore fisiologico, e di squisitissimo elettroscopio, l' uno e l' altro attinentisi ognora alle facoltà e proprietà organico-vitali: maniera di elettricismo fisiologico galvanico che necessi-

ta poi sceverare da ogni sua complicanza col fisico voltaico per contatto elettromotore. Alla perfine il Galvani si faceva avanti ad illustrare l'elettricismo nerveo-musculare delle rane mediante la comparazione cogli organi elettrici delle torpedini. Quindi sagacemente avvertiva in proposito le più notevoli analogie anatomiche e fisiologiche, quali sono pure al giorno d' oggi discorse intorno a simile materia. Così riguardava nei nervi cerebro-spinali e nei muscoli corrispondenti il circolo elettrico manifestato dalle contrazioni; e in consimili nervi, e in un organo speciale le scariche elettriche proprie delle torpedini. Dietro poi le stesse osservazioni ed esperienze del Galvani si raccoglie che gli accennati riscontri elettro-fisiologici, mediante le contrazioni musculari, si producono e manifestano in varie guise e con diverse vicende. Invero le minime correnti elettriche rivolte sui cordoni nervosi estesi fuori dei relativi muscoli ne suscitano le contrazioni simpatiche, venendo meno l'azione motrice di quei nervi successivamente dalle loro origini cerebro-spinali verso i tessuti musculari: d'altra parte occorrono le maggiori correnti elettriche rivolte immediatamente sui muscoli onde promuoverne le contrazioni idiopatiche, che si producono sempre più intense e durevoli verso i tendini. E le forme di tali contrazioni si ravvisano ora cloniche, ossia susseguite da pronto rilassamento, ora toniche, ossia vie più durevoli con tardo rilassamento: le vicende cloniche di contrazione e rilassamento costituiscono negli arti i loro moti alternati di flessione e di estensione, quali si osservano in ispecie promossi dalle correnti elettriche di origine intrinseca organica, come riscontrasi nel pretto circuito nerveo-musculare, caratterizzato da contrazioni piuttosto di flessione; le contrazioni toniche invece costituiscono le permanenti più o meno durevoli flessioni, o estensioni degli arti, fino anche alla forma tetanica, come avviene ognora per l'azione delle correnti elettriche estrinseche, le quali comunque condotte sugli arti addominali delle rane ne provocano ognora li moti di estensione, anzichè di flessione.

28. Fatto è poi che dietro il Galvani restò comprovato che fra i mezzi più acconci ed agevoli, più delicati e squisiti, per riconoscere e scandagliare le scariche e le correnti elettriche

di qualsiasi origine, primeggiano sempre la rana galvanica, e la rana galvanoscopica, quali giova ben distinguere pel distinto loro ufficio. La rana galvanica, stante la sua preparazione, risulta capace di manifestare colle proprie contrazioni le minime scariche e correnti elettriche siano svolte dall'intimo dei suoi tessuti nerveo-musculari, siano dall'estrinseco procedenti sui tessuti stessi, siano combinate o composte dell'una e dell'altra origine. Ma la rana galvanoscopica conviene sia disposta in guisa da manifestare colle sue contrazioni le scariche e correnti elettriche procedenti dall'estrinseco dei suoi tessuti, e non complicate con quelle proprie dei tessuti istessi. Egli infatti avviene di leggieri che nella ordinaria rana galvanica, spoglia di cute, coi nervi e muscoli tutti a discoperto, si complichi l'elettrico loro proprio con quello applicato sugli stessi tessuti nerveo-musculari: così è che nella rana spoglia di cute, e fresca, e vigorosa, i soli veli umidi attorno la medesima bastano a costituire tra nervi e musculi archi i più favorevoli al corso e alla complicanza dell'elettrico intrinseco coll'estrinseco applicato; quindi poi dietro simili contingenze furono riscontrati e riferiti i più varj risultamenti, relativi alle vicende elettro-fisiologiche delle contrazioni musculari. Ma d'altra parte la rana ridotta agli arti addominali vestiti della loro cute, fino alla sommità della coscia, coi rispettivi nervi crurali isolati, si presta davvero come galvanoscopica, ossia a ben riconoscere e scandagliare qualsiasi estrinseca corrente, evitandone ogni complicanza coll'intrinseca organica: infatti simili arti muniti del loro integumento cutaneo quanto valgano a ritenere in essi infrenato l'intimo elettricismo loro proprio, altrettanto riescono adatti e pronti a reagire alle minime correnti elettriche dirette sui loro tronchi nervosi. Quindi il Galvani nell'usare in consimil modo la rana vestita di cute, adducendone o percuotendone le estremità recise e pensili dei nervi crurali sui musculi, eziandio isolati, o su altri tessuti organici, ne offerse propriamente in quella la verace rana galvanoscopica per iscandagliare le correnti proprie di simili tessuti, o d'altri materiali elettromotori (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 282, *ec.*). Che se pure alla rana spogliata della sua cu-

te, e coi muscoli a discoperto comunque isolati, si applica la corrente elettrica sul solo nervo crurale, alla maniera del Nobili e del Matteucci, non resta perciò evitata la complicanza dell' estrinseco applicato elettricismo coll' intrinseco organico, scorrente di leggieri lungo le discoperte superficie musculari, e da queste derivante fino al tronco nervoso. Infatti per tal guisa disposta la rana riscontrasi che quanto più è fresca e vigorosa, tanto maggiori anomalie offre alla estrinseca corrente applicata ai suoi tronchi nervosi, a seconda dei circostanti veli ed archi umidi che ne occasionano la complicanza, o per lo stesso verso, o pel verso opposto, coll' intrinseco elettricismo nerveo-musculare: foggie di anomalie per le quali si producono in ogni caso i più irregolari riscontri di contrazioni, relativi così all' intensità, come alla direzione della applicata corrente. Ma la stessa rana munita de' suoi integumenti cutanei si presta al più esatto ufficio galvanoscopico, appalesando i riscontri delle sue contrazioni colle norme più costanti. Per tal guisa nello stato del maggiore suo vigore nerveo-musculare, e d' ogni inerente sua capacità elettrofisiologica, risponde dessa colle maggiori contrazioni alle minime correnti elettriche, comunque sul nervo dirette, o verso l' estremità eocefalica, o verso i muscoli; e scaduta da tale vigore e capacità elettro-fisiologica comiocia a rispondere colle maggiori contrazioni alla corrente diretta verso i muscoli, e con minori o nulle contrazioni alla stessa avviata verso l' estremità encefalica: s' aggiungono poi nel maggiore infralimento nerveo-musculare le vicende delle contrazioni or solo al chiudere, or solo all'aprire del circuito elettromotore. anche dietro le maggiori correnti elettriche, quali poi si riconoscono e scandagliano pure mediante varj riscontri elettro-chimici, ed elettro-fisici.

29. Fra i fenomeni e i contrassegni elettro-chimici manifestantisi sui tessuti nerveo-musculari il Galvani accennò la pronta decomposizione dei materiali, organici, caratterizzata da sollecita putrefazione, quale riconobbe appunto nelle rane assoggettate ai cimenti elettrici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 31, *Opere ec. pag.* 75). E nel seguito di consimili osservazioni ed esperienze fu ancora rico-

nosciuta, per l' azione delle correnti elettriche sui tessuti organici, la decomposizione dei sali loro proprj, e dell' acqua stessa, e per l'una parte la dissoluzione per l'altra la coagulazione degli umori albuminosi. Ma in ordine alle correnti elettriche somministrate dalle rane i contrassegni più notevoli si ravvisano sulle sostanze più capaci di decomposizione elettro-chimica, e sui metalli più abili ad assumere le polarità secondarie: fia quindi opportuno il qui accennare le precipue condizioni valevoli a ridurre queste corrrenti a svolgere gli accennati effetti. La rana preparata alla galvanica e disposta col tronco spinale immerso nell' acqua di un bicchiere e colle estremità delle zampe immerse in altro simile bicchiere, offre, chiudendo il circuito, una corrente, che, transitando lungo gli isolati nervi lombari o crurali, quanto riesce opportunissima ai fenomeni elettro-fisiologici delle contrazioni musculari, altrettanto risulta inefficace ai fenomeni elettro-chimici sull' arco che compie il circuito. Che se la rana stessa si dispone in guisa che la gamba di un suo arto si immerga in un bicchiere, e la coscia dell' altro arto, avendone resecata, al ginocchio, la gamba, si immerga in un col tronco spinale nell' altro bicchiere, in tal modo chiudendo il circuito si ottiene la corrente elettrica che, transitando per le più ampie vie musculari, quanto riesce inopportuna ai fenomeni delle contrazioni, altrettanto torna efficace agli effetti elettro-chimici: infatti di tal guisa si ottiene una corrente elettropositiva diretta dalla coscia privata della sua gamba, e procedente, attraverso l' arco che compie il circuito, all' estremità dell' altra gamba, e capace di particolari fenomeni elettro-chimici. A tale oggetto giova rinforzare siffatto circuito con più rane (tre o quattro) disposte o longitudinalmente, congiungendo mediante laccio estremità di coscia ad estremità di gamba, ovvero riunite parallelamente, e strette a fascio con coscia a coscia, gamba a gamba. Per tal modo la corrente propria dei tessuti nerveo-musculari si rinforza, e addiviene intensa fino al punto che, raccolta agli estremi delle coscie e delle gambe con due conduttori metallici omogenei di platino o d' argento, ed avviata attraverso una soluzione acquosa di laccamuffa, di ioduro potassico, di solfato di rame, riesce agli effetti chimici dell' arrossamento della

laccamuffa, della scomposizione del ioduro potassico, della precipitazione del rame. Che se il circuito medesimo si chiude con arco metallico omogeneo, applicato per l' un suo estremo sulle coscie, e per l' altro sulle gambe, in tal caso riscontrasi ben presto che la corrente nell' attraversare simile arco gli imparte le polarità secondarie, addivenendo elettro-positivo in sull' estremo applicato alle coscie, ed elettro-negativo in sull' estremo applicato alle gambe. Le quali foggie di polarità secondarie si verificano tanto più intense e pronte, quanto più è rinforzata la corrente elettrica mercè le rane congiunte e strette, o longitudinalmente, o parallelamente: singolari procedimenti dell' elettricismo proprio dei tessuti nerveo-musculari delle rane, che si riconoscono e scandagliano appuntino mediante il sussidio del galvanometro.

30. Le rane infatti preparate alla galvanica si sottopongono al galvanometro moltiplicatore, riconoscendone e scandagliandone in ogni estensione e con ogni precisione le correnti proprie dei loro tessuti nerveo-musculari. Il galvanometro a tal uopo necessita sia costruito e composto dietro gli insegnamenti del Nobili e del Melloni, e le pratiche del Gourjon e del Rumkorf, quale appunto mi procurai dall' esimio Fisico-Meccanico sign. Jest di Torino, avendolo riscontrato squisito e sensibilissimo per le esperienze in discorso (*Memorie ed Osservazioni ec. del Cav. L. Nobili ec. pag.* 7, 67, 135, *Firenze* 1834. — *Essai sur les Phénomènes Electriques par M. Ch. Matteucci pag.* 43, 75, *Paris* 1840. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux ec. par Ch. Matteucci ec. pag.* 20, 32, *Paris* 1844). Dietro poi gli insegnamenti del Nobili si dispone la rana col suo tronco spinale immerso entro un piccolo adatto vase di vetro, e colle zampe tuffate in altro simile vase o bicchiere, contenenti una soluzione acquosa salina, come di cloruro sodico, o altra soluzione abile a condurre l' elettrico, serbando i tessuti organici il più possibilmente illesi; quindi compiesi il circuito introducendo nei bicchierini i capi del filo galvanometrico muniti di laminette metalliche omogenee, alquanto estese per raccogliere l' elettrico diffuso nel liquido, e resistenti all' azione chimica del liquido stesso, quali usansi perciò le

lamine di platino. In tal modo si avvia pel circuito una corrente elettrica procedente dai tessuti nerveo-musculari, ossia dal tronco vertebrale, lungo il filo galvanometrico, agli arti, manifestata in sulle prime dalle contrazioni musculari, e al-l' un tempo da una indicazione galvanometrica di alcuni gradi, in ragione della vivacità della rana, e della conducibilità del liquido, della omogeneità ed estensione delle laminette metalliche: foggia di corrente che, sebbene risulti presto, anzi dopo pochi minuti della preparazione, inetta a scuotere la rana, tuttavolta continua ancora per qualche tempo a manifestarsi al galvanometro, gradatamente dileguandosi col dileguarsi la forza nerveo-musculare ed ogni relativa capacità elettro-fisiologica; corrente ognor diretta dal tronco vertebrale, lungo il filo galvanometrico, agli arti dell'animale, e che si avvalora estendendo il circuito coll'allungarlo mediante più rane disposte successivamente a corona di tazze, come fu già riscontrato ed avvertito dal Nobili (*Memorie ed Osservazioni ec. del Cav. L. Nobili ec. Vol. I*, *pag.* 68, 75, 151, *Firenze* 1834). Siffatto metodo di esplorare l'accennata corrente della rana, adottato poi ed esteso dal Matteucci, condusse quest'indnstre fisico a riconfermare gli esposti risultamenti del Nobili, e a riconoscere costante la direzione di quella corrente, qualunque sia il liquido o salino, o alcalino, o acido usato a compiere il circuito. Se non che il Matteucci stesso riferì che l'indicato circuito esteso col disporre le rane, anzichè successivamente a corona di tazze o catena, invece lateralmente l'una a fianco o addossata all'altra pel verso medesimo, non addimostra avvalorata o cresciuta la corrente elettrica; anzi ei dichiarò che tal corrente della rana serba una pari intensità tanto in un solo suo arto diviso dall'altro, quanto in ambedue gli arti dell'animale intero, e che non cresce, qualunque sia il numero delle rane disposte l'una a fianco dell'altra, intravedendo così un reciproco scaricarsi dell'un arto coll'altro, dell'una coll'altra rana (*Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci etc. pag.* 94-97, *Paris* 1844). Laonde si scorge che quanto fu agevole al Nobili il raggiungere la corrente elettrica della rana cresciuta e rinforzata, estendendone il circuito con più

individui disposti a corona di tazze, altrettanto riescì difficile anzi ineseguibile al Matteucci il ravvisare simile incremento e rinforzo elettrico-dinamico, coll' estendere il circuito delle rane stesse disponendole o addossandole l'una a fianco o a lato dell' altra per lo stesso verso. Ma fatto è che si verifica pure accresciuta e rinforzata la corrente nerveo-musculare in ragione del numero degli individui riuniti tutti parallelamente pel medesimo verso, ove si soddisfaccia alle condizioni seguenti, relative alle rane stesse e alla applicazione del galvanometro: 1.° giova che tutte le rane in tal guisa disposte siano possibilmente di pari corporatura e freschezza, di pari vigore nerveo-musculare e facoltà elettro-fisiologica; altrimenti le più piccole e meno fresche, le più deboli, e meno capaci della corrente loro propria, importano grave difetto a riunire ed avviare in corso e direzione comune ed afforzata le singole correnti di ciascuna; inoltre torna in acconcio che le rane preparate, mentre restano fuori del circuito galvanometrico siano coi loro estremi isolati o su piano coibente, od a cavalcione dell' orlo di una tazza di vetro asciutta, ovviando così ogni loro circuito avventizio su piano umido o metallico, pel quale si attenua di leggieri la corrente propria dei loro tessuti nerveo-musculari; 2.° conviene stringere ed allacciare assieme i tronchi vertebrali, immergendoli così riuniti e stretti nell'un bicchiere o vase, e all' un tempo stringere ed allacciare egualmente con filo di tessuto inumidito tutti gli arti attorno le articolazioni dei ginocchi e dei piedi, in guisa che ben allacciati e congiunti si immergano le estremità loro nell' altro vase o bicchiere; ovvero anche, preparata la rana alla galvanica, resecarne al ginocchio dell' un arto la gamba, applicando sulla residua coscia i nervi lombari col tronco vertebrale, e la distaccata gamba unirla parallelamente per lo stesso verso a quella dell' altro arto rimasto intero, rafforzando ed agevolando così il corso elettrico lungo tutto il suo cammino: di tal guisa preparate più rane e riunite assieme pel verso medesimo, allacciandole attorno le articolazioni a maniera di fascio costituente come un muscolo solo, e tuffandone gli estremi entro i vasi o bicchieri, si riscontra ognora, in ragione del numero degli arti riuniti, accresciuta la corrente, diretta dall' estremità delle

cóscie, lungo il filo galvanometrico, all' estremità delle gambe; 3.° al quale oggetto giova oltremodo che il liquido entro cui si immergono gli estremi dell' accennato fascio di tessuti nerveo-musculari sia buon conduttore dell' elettrico, e conveniente a serbare i tessuti stessi il più possibilmente inalterati ed illesi: così è che le acquose soluzioni di cloruro sodico o calcico, di acido ossalico o di solfato di rame, mentre per l' una parte offrono la conducibilità elettrica opportunissima ad osservare, nelle prime immersioni, tutta la corrente che si ricerca, per altra parte ledono e indurano ben presto i tessuti organici, riducendoli disacconci alle più ripetute e prolungate osservazioni: però, all' uopo di simili reiterate e comparative osservazioni ed esperienze sugli stessi tessuti, riesce bene adatto lo siero di latte vaccino chiarificato, il quale sia o neutro, o alcalino, o acido, e, all' occorrenza, attivato altresì sciogliendovi entro qualche centesimo di cloruro sodico, unisce all' apportuna conducibilità elettrica la proprietà di serbare li tessuti nerveo-musculari illesi, e nel naturale ammollimento, favorevole ad ogni loro proprietà elettro-fisiologica; 4.° all' uopo poi di raccogliere da simile liquido conduttore, o da altro qualsiasi, tutto il possibile elettrico diffuso in esso dalle estremità delle coscie e delle gambe delle rane, riesce oltremodo efficace il surrogare ai bicchieri di vetro due simili recipienti o vasetti di metallo, all' esterno muniti di adatto manico, esso pure metallico, attorno cui stringere o fissare le estremità del filo galvanometrico: siffatti recipienti o capsule, ove manchino dei metalli meno ossidabili, come di platino o d' oro o d' argento, valgono altresì o di stagno o di rame o di piombo, che, ben isolati e asciutti all' esterno, riesce agevole, empiti all' un tempo in pari misura dello stesso liquido, come appunto l' accennato siero di latte, di ottenere omogenei, correggendosene ben presto le avventizie loro eterogeneità mediante arco di tessuto inumidito, o di una rana posta coi suoi arti addominali a cavalcione di simili vasetti, e così serbando chiuso il circuito fino all' equilibrio galvanometrico; quindi, in tale stato di cose, immediatamente sostituendo all' indicato arco (posto all' uopo dell' equilibrio galvanometrico) i preparati tessuti nerveo musculari, eziandio vestiti

di tela inumidita nelle loro parti di contatto colle pareti metalliche dei vasetti, ne consegue una indicazione galvanometrica che, ove trattisi di una sola rana, riesce sempre superiore di alcuni gradi a quella ottenuta col metodo del Nobili seguito dal Matteucci, ed ove trattisi di più rane riunite e congiunte parallelamente a fascio, cresce sempre in ragione del numero loro con verace progressione aritmetica. In ordine alle quali cose vuolsi pure avvertire che le condizioni precipue per ottenere dalle rane galvaniche, disposte e riunite parallelamente, la indicata somma progressiva di loro corrente, si riducono all' accennata loro riunione a fascio allacciato, come costituissero un muscolo solo, e all' accennata estensione attorno le estremità di simile fascio delle estremità galvanometriche. La prima di tali condizioni, che addimostra siffatta disposizione parallela degli assembrati musculi favorevole a riunire in corso comune le loro correnti elettriche, non avvertita finora da alcuno, sfuggì quindi anche al chiarissimo Matteucci. Ma d' altra parte questo illustre Fisico di Pisa doveva pure conoscere ed applicare all' uopo in discorso il principio di ordinaria galvanometria: che cioè in ogni apparecchio elettromotore, specialmente di materiali umidi e di tessuti organici, quanto maggiore è l' ampiezza dell' apparecchio, e minore la tensione elettrica, tanto più estese occorrono le appendici del filo galvanometrico per raccogliere tutta la possibile quantità di elettrico ed avviarlo a corrente, e così ottenerne i maggiori riscontri all' ago calamitato; principio elettro-fisico che risulta pure dalle osservazioni ed esperienze su l' andamento e gli effetti delle correnti elettriche nell' interno dei conduttori metallici ed umidi, egregiamente instituite dal Nobili in Firenze, e che fu altresì calcolato dagli illustri Professori Puccinotti e Pacinotti in Pisa, quando intesero, con belle viste per questa parte, a raccogliere le correnti elettriche proprie dei tessuti nerveo-musculari degli animali a sangue caldo (*Memoria su l' andamento e gli effetti delle correnti elettriche dentro le masse conduttrici del Cav. L. Nobili ec. Firenze* 1835. — *Esperienze sulla esistenza ec. delle correnti elettro-fisiologiche ec. eseguite dai Prof. F. Puccinotti e L. Pacinotti ec. Pisa* 1839).

ARTICOLO TERZO

Azioni elettriche condotte e indotte sui tessuti nerveo-musculari della rana galvanica, e relativi argomenti fisiologici dimostranti l' elettricismo proprio di quei tessuti e della rana stessa.

31. La mutua azione e reazione fra l'elettrico estrinseco applicato agli esseri viventi e le forze fisiologiche, loro proprie, simile conflitto elettro-fisiologico non mai abbastanza meditato, fu dal Galvani sagacissimamente rivolto a ricercare e a riconoscere l' elettrico intrinseco degli esseri vivi, in ispecie animali, ed anzi proprio dei loro tessuti nerveo-musculari. Nei quali propositi il sommo discopritore del Galvanismo intendeva con tanto maggior fervore, quanto più era già stato condotto da suoi studj a ravvisare nell' elettrico il precipuo agente estrinseco ed intrinseco delle forze e funzioni dei nervi e dei muscoli. Laonde poi seppe, con impareggiabile sagacia, trarre bellissimo profitto dalle contingenze e dalle vicende delle azioni e delle influenze elettriche, attive ed operose sui tessuti nerveo-musculari coi più singolari fenomeni di contrazioni e rilassamenti. Quindi le famose osservazioni fortuite occorse al Galvani mercè l'atmosfera di una ordinaria macchina elettrica influente ed operosa sulla rana, e mercè li conduttori metallici applicati ai nervi e ai muscoli della rana stessa esposta all' influsso dell' elettricismo atmosferico, addivennero pel genio di lui seme feracissimo delle più magistrali osservazioni ed esperienze, signoreggiate poi dal Volta con immenso vantaggio della Fisica, anzi che della Fisiologia. Maniere di studj galvanici e voltaici che guidano a disaminare le azioni elettriche condotte e indotte sui tessuti nerveo-musculari, coi relativi fenomeni

elettro-fisiologici, attinentisi in ispecie all' elettricismo proprio della rana.

32. Le facoltà elettriche proprie dei nervi e dei muscoli riscontransi variamente riguardate dal Galvani e dal Volta in via fisiologica e fisica. Il Galvani accennò in simili tessuti, come inerenti alla particolare loro struttura e forza organica, speciali facoltà di conduzione e di produzione elettrica influenti a promuovere e a compiere le funzioni nervee e musculari. Quindi ravvisò una particolare conduzione dell' elettricismo nelle vie nervee e musculari interne ed esterne, indicandone il più agevole corso per l' intima sostanza nervea, o nevrina, e meno agevole per l' esterno suo involucro, o nevrilema. Inoltre riguardò uno speciale magistero fisiologico di produzione elettrica tra la sostanza sanguigna e la nervea, con ripartimento dell' elettrico stesso nei tessuti musculari, e con vicende di scariche istantanee rapidissime, d' onde le contrazioni, e di correnti continue allentate, d' onde il rilassamento degli accennati tessuti (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 64, 100, *Opere ec. pag.* 85, 250, 346, 474, *ec.*). Ma il Volta, sebbene nelle sue prime Memorie in ordine a simili materie riconoscesse ed ammirasse le prefate dottrine galvaniche, tuttavolta, dietro la sua transizione da siffatto Galvanismo Fisiologico al Fisico del contatto elettromotore, trapassò a riguardare li tessuti nerveo-musculari quali corpi a maniera degli ordinarj ed umidi, conduttori e motori dell' elettrico; quindi, poste simili facoltà all' intutto fisiche, discorse quei tessuti come semplici deferenti dell' elettrico, il quale trapassando sui nervi, o su qualche tratto dei medesimi, ivi localmente opera a foggia di stimolo, eccitandone l' azione fisiologica in un colle contrazioni dei corrispondenti muscoli: di pari guisa ridusse i tessuti stessi a materiali dotati della comune facoltà elettromotrice per contatto o accoppiamento fra parti e parti eterogenee, riconoscendo però tale facoltà insita ai tessuti viventi in un modo e in una misura tutta loro propria e particolare (*Collezione delle Opere del Volta ec. vol. II, parte I, pag.* 56, 65, 122, *parte II, pag.* 193, 194. — *Lettere del Volta all' Aldini e al Carradori*, non comprese nella *Collezione ec.*. *Annali di Chimica*

e Fisica ec. tomo XVI, *Pavia* 1798. — *Memorie per servire alla Storia Letteraria e Civile*: *anno* 1798, *Settembre e Ottobre*, *Venezia*. — *Memoria sull' identità del fluido elettrico col così detto fluido galvanico ec. pag.* 8, 9, *Pavia* 1814).

33. Però nello stato attuale dell' Elettro-Fisiologia, accuratamente disamioando simili mateiie, si riscontra che ai tessuti nerveo-musculari appartengono speciali facoltà di conduzione (conducibilità), e di induzione (inducibilità) elettrica, attinentisi strettamente alla loro struttura organica e forza fisiologica vitale. Così è infatti che quei tessuti quanto meglio costituiti nello stato della naturale loro integrità organica, tanto più si addimostrano capaci di accogliere e dar corso all' elettrico dai tronchi alle diramazioni nervose, o da queste a quelli, e a senso piuttosto dei fascj fibrosi musculari, di quello che attraverso i fascj stessi. Di tal guisa si riconosce lungo i nervi una speciale conducibilità elettrica (a seconda della loro forza fisiologica) variabilissima da quella propria degli ordinarj cooduttori nmidi fino a quella che è proporzionale alla velocità della azione nervea; quindi poi le fibre musculari esse stesse variamente compartecipano a siffatta foggia di conducibilità elettrica. Al quale procedimento elettrico, acconcio alle contrazioni, quanto si addimostrano prestarsi le fibre nervee e mnsculari, altrettanto ne sembrano estranei i vasi e i loro umori, come già ne avvertì il Galvani. Cooclusione che dietro il Galvani appnnto si offre tanto più fondata, quanto più si ravvisa nella compage nerveo-musculare, comuoque dissanguata, oltremodo vivace e dnrevole ogni magistero elettro-fisiologico delle contrazioni. Il Volta stesso, sebbene abbandonasse simili principj galvanici relativi al circolo elettrico rivolto dai nervi ai muscoli, da questi a quelli, tuttavolta riconobbe ognora la invasiooe elettrica lungo i tronchi o i rami nervosi come coodizione essenziale al magistero elettro-fisiologico delle contrazioni (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 238, 246, 266 *ec.*. — *Collezione delle Opere del Volta ec., tomo II, parte I, pag.* 152, 165, 178, 210 *ec.*). D' altra parte nei tessuti nerveo-musculari si riconferma una particolare maniera di induzione dell' elettricismo loro proprio interveniente nelle

vicende elettro-fisiologiche delle contrazioni musculari. Anzi fin dalle primitive osservazioni cd esperienze del Galvani, risguardanti i fenomeni e le vicende delle cariche e scariche elettriche influenti ed operose, attraverso i mezzi coibenti, sui nervi e sui muscoli a promuoverne le contrazioni, restavano tracciate le vie a rannodare all'induzione elettro-statica eziandio la elettro-dinamica, così fisica, come fisiologica. S'aggiunge altresì che gli analoghi risultamenti galvanici e voltaici, relativi ai circuiti elettro-fisiologici occasionanti, all' atto dell' aprirli, le contrazioni, guidavano essi pure a riconoscere in siffatto magistero l' elettricismo d' induzione proprio d' ogni circuito elettrico. Ma lungi quì dal lamentare il destino corso da tali osservazioni ed esperienze, rimaste a dilungo infeconde e sterili, in ordine così fisiologico, come fisico, ora giovi piuttosto farsi avanti a disaminare e svolgere simile materia, riguardata, dietro i lumi attuali dell' elettro-fisiologia, in ogni possibile relazione coi fenomeni e le vicende delle azioni e delle correnti elettriche condotte e indotte sui tessuti nerveo-musculari, specialmente della rana. Per tal modo ne fia dato forse addimostrare simili fenomeni e vicende nel più mirabile accordo colle osservazioni ed esperienze galvaniche risguardanti l' elettricismo proprio ed intrinseco di quei tessuti. S' arroge che le relative osservazioni ed esperienze voltaiche fiano esse pure rannodate al principio medesimo di un particolare elettricismo fisiologico, manifestato a correnti dalle contrazioni musculari, e dalle indicazioni galvanometriche.

34. Le azioni elettriche applicate e condotte sui tessuti nerveo-musculari necessita scorrano lungo i nervi onde promuovano le contrazioni dei rispettivi muscoli. A questo modo avviene che una semplice scarica tratta dalla macchina a disco rotatorio, o dall' elettroforo, dall' un' armatura della bottiglia di Leida, o del quadro Frankliniano, e applicata ad un animale qualsiasi, ove è più diretta sui tronchi nervosi, in guisa che ne sia agevolato il trascorrimento lungo i rami loro, ivi meglio riesce a promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli. Così è che giova oltremodo il munire o armare il tronco nervoso di buon conduttore metallico sul quale dirigere la scarica, muuendo all' un tempo ed armando anche i muscoli di

simili conduttori, in modo che agevolino il corso elettrico lungo i nervi e le loro ramificazioni: quindi poi la stessa bottiglia di Leida, ed altresì l' elettromotore voltaico quanto meglio applicati per l'una carica o polo sui tronchi nervosi, e per l'altra carica o opposto polo attorno le estreme loro diramazioni musculari, tanto maggiori ne promuovono le contrazioni. Che se una semplice scarica o elettro-positiva o elettro-negativa si dirige sul nervo crurale della rana isolata, in tal caso l'elettrico quanto maggiore resistenza incontra a scorrerne le diramazioni, tanto minori ne risultano i moti di contrazione musculare: s' aggiunge che ripetendo tali scariche con rapida successione, sullo stesso apparato nerveo, l'elettrico anzichè scorrerne le vie conduttrici s' accumula mano mano in esse, venendone di pari passo meno i suoi effetti fisiologici, fino a sopprimersi le contrazioni; nel quale stato di cose basta applicare sul nervo una punta di metallo impugnato, per dar corso all' elettrico trattenuto, e riprodurre le contrazioni musculari. E qualora pure la scarica elettrica trapassa normalmente, ossia in direzione trasversale, ai nervi, anche in tal caso, ove riesca a diramarsi lungo i nervi stessi, torna efficace a commuoverne i muscoli corrispondenti. Infatti attraversando i tronchi nervosi lombari di una rana con filo metallico, e dirigendo lungo tal filo una scarica elettrica, si osserva che quanto più è comunicante la rana col suolo, e il filo isolato, in guisa che da esso l'elettrico possa avviarsi lungo i nervi, tanto più facili si producono le contrazioni dell' animale; che se la rana stessa trovasi isolata, e il filo predetto in comunicazione col suolo, in tal caso l' elettrico traversando i tronchi nervosi senza avviarsi per le loro diramazioni, ne difettano e mancano li relativi fenomeni elettro-fisiologici: lo che fu pure osservato dal Galvani dirigendo la corrente degli archi metallici normalmente al nervo crurale della rana (*Collez. ec. pag.* 422). E le stesse correnti elettriche, rivolte mercè, gli archi accennati, sui soli nervi lombari o crurali di qualsiasi animale, si diffondono e dilungano nelle diramazioni dei corrispondenti musculi, occasionandone di tal guisa le contrazioni. Già il Galvani di buon' ora addimostrò che

applicato un arco metallico, specialmente eterogeneo, su due distinti punti del nervo crurale della rana, ne risulta un circuito pel quale l' elettrico si diffonde e si distende per ogni verso, si allarga e si dilunga pei tessuti nerveo-musculari, riescendo così a promuoverne le contrazioni. Quindi ei ragionò con originali e profonde viste gli accennati archi artificiali palesemente ristretti sui soli nervi, e cooperanti, per occulte vie umide o organiche, a diffondere e dilungare l' elettrico dai nervi ai musculi, da questi a quelli, come è stato poi riconoscinto e riconfermato altresì in ordine a simili circuiti voltaici applicati sui soli nervi, colle relative vicende delle contrazioni musculari (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 114, 184, 347, 350. — *Marianini Memoria sopra le contrazioni ed alcune sensazioni prodotte dalle correnti voltaiche, Padova* 1834. — *Grimelli Annotazione intorno a un fenomeno elettro-fisiologico ec. Foglio di Modena*, 5 *Gennajo* 1843). Laonde si riscontra che quanto maggiore è la copia dell' elettrico comunque rivolto a circuito sul nervo fresco ed isolato, tanto più agevole addiviene il penetrare e il dilungarsi dell' elettrico stesso, per le ramificazioni nervose, al tessuto musculare, cogli effetti delle più vigorose contrazioni. Perciò gli elettromotori voltaici, a pari estensione e tensione delle bottiglie di Leida, somministrando assai maggior copia elettrica di esse, così questa rivolta a circuito sui tronchi nervosi riesce meglio a diffondersi per le loro diramazioni, e ad occasionare le contrazioni dei corrispondenti muscoli; anzi per tal modo riscontrasi appunto che gli accennati elettromotori, comunque di minima tensione, riescono più efficaci delle bottiglie di Leida, comunque a massima tensione, nel promuovere le contrazioni al chiuderne e all' aprirne il circuito, ossia all' avviarsi e al cessare della relativa corrente. Inoltre in simili foggie di esperienze riscontrasi che, applicato l' elettrico al tronco nervoso o allacciato, o reciso presso la colonna vertebrale, le contrazioni riescono più vigorose che qualora la stessa applicazione si faccia sul nervo medesimo lasciato in comunicazione integra coll' asse cerebro spinale: così è che per la detta allacciatura, e specialmente per la recisione praticata nel nervo crurale della rana, o nell' ischiatico del coniglio, ben

isolato, l' elettrico resta in tutta la sua copia stretto a rivolgersi lungo le diramazioni nervose, coi maggiori effetti delle contrazioni musculari; mentre che, lasciati gli stessi nervi in ogni comunicazione coll' asse cerebro-spinale, lo stesso elettrico diffondesi eziandio verso l' asse cerebro-spinale, e quindi in minor copia lungo le diramazioni nervose, e perciò con effetto composto di sensazione più o meno intensa, e di contrazione più o meno languida (*Collezione delle Opere del Volta ec. tom. II, parte I, pag.* 88, *ec.*). Stanti le quali cose riscontrasi altresì, in simili circuiti elettrici rivolti sul solo tronco nervoso, che i muscoli corrispondenti quanto più freschi ed isolati, in guisa da offrire le intime vie delle loro diramazioni nervose all' elettrico, evitandone ogni estrinseca diversione, tanto più vigorose e durevoli produconsi le contrazioni. Il perchè avviene che i tessuti nerveo-musculari rivestiti della cute loro propria, cooperante a serbarne la interna freschezza, e a ritenere ogni circolo elettrico nelle intime diramazioni nervose, risultano oltremodo acconci agli accennati fenomeni e vicende di contrazioni musculari: singolari procedimenti elettro-fisiologici, analoghi a quelli per li quali la corrente di un elettromotore voltaico, composto di buon numero di coppie, transitando dall' uno all' altro dito, dal pollice all' indice di una mano, ovvero dall' una all' altra mano, nel primo caso dilungasi sui nervi del braccio, fino a risentirsene la scossa al gomito, e nel secondo caso diffondesi anche a tutta la persona, fino a scuoterla dal capo ai piedi. Per tutte le quali cose si riconosce che la conducibilità elettrica dei tessuti nerveo-musculari si attiene propriamente alle diramazioni nervose, e di tal guisa concorre al magistero elettro-fisiologico delle contrazioni musculari: foggia di conducibilità, e di magistero che, quanto più trattasi di animali vivaci e vigorosi, o di recente preparati alla galvanica, richiedono tanto minor copia e intensità di elettrico in corso per occasionare gli accennati fenomeni; quindi nelle rane galvaniche si osservano le minime e più fuggevoli correnti di qualsiasi origine dirette sui loro nervi manifestarsi colle contrazioni dei corrispondenti muscoli. Il Volta stesso mentre per l' una parte adoperava a sostenere che l' elettrico applicato ai soli tronchi nervosi basta

ne scorra un minimo tratto, anche senza trasfondersi alle loro diramazioni musculari, per occasionarne le contrazioni, d'altra parte riconosceva necessario il corso elettrico immediatamente diretto attraverso i tessuti nerveo-musculari involontarj, per l'effetto delle contrazioni loro proprie; inoltre nei casi degli archi metallici applicati alle esterne parti dell' occhio riguardava pure il suscitato elettricismo trasfuso o derivato fino alla retina con effetto del lampicello galvanico; e in tal modo ne offriva argomenti a riconoscere il magistero pel quale le correnti elettriche, comunque applicate sur un solo tratto nervoso, restano rivolte o derivate dai tronchi ai rami, da questi a quelli, riescendo così a promuovere ed occasionare le contrazioni, e le sensazioni (*Collezione delle Opere del Volta ec. tomo II*, *parte I*, *pag.* 152, 164, 178, 210, 211, *parte seconda pag.* 41, *ec.*).

35. L'elettrico poi s'avvia entro i tessuti nerveo-musculari, scorrendo lungo i nervi così per l'intima loro sostanza, ossia la nevrina, come per l' involucro della medesima, ossia il nevrilema, ed influendo di tal guisa sulla fibra musculare ad occasionare e promuoverne le vicende delle contrazioni. Nel quale proposito giova anzi l' avvertire che quanto meglio è dischiusa la via all' elettrico per insinuarsi lungo l' intima sostanza nervea, dispiega tanto maggiore efficacia di contrazioni musculari; così è che avviando minime scariche o correnti elettriche per la sezione trasversale dei tronchi nervosi, ove è posta a nudo la nevrina, ne conseguono i maggiori effetti delle contrazioni, quali difettano di leggieri, o mancano all'intutto, ove il nevrilema chiuda per ogni parte la stessa intima sostanza nervea. Infatti se al nervo crurale della rana reciso presso la colonna vertebrale si applica una minima scarica, o elettro-positiva, o elettro-negativa, ne risultano le maggiori contrazioni musculari; mentre che il nervo stesso chiuso nel suo nevrilema, mediante allacciatura praticata alla sua estremità con filo eziandio più conduttore dell'elettrico, ovvero lasciato nelle sue naturali comunicazioni coll' apparato cerebro-spinale, e cimentato colle suddette minime scariche, difettano o mancano le indicate contrazioni. Laonde poi la rana quanto meglio preparata, resecandone l' asse cerebro spinale, ed isolandone i

nervi crurali fino alla loro sezione trasversale presso la colonna vertebrale, tanto più riesce adatta e pronta ai fenomeni elettro-fisiologici galvanici; lo che fu già avvertito dal Galvani stesso e dall' Aldini, dal Valli e dal Caldani, e dietro loro dai più accurati osservatori e sperimentatori: i quali notarono inoltre la particolare resistenza contrapposta dalle allacciature nervose al corso elettrico abile a suscitare le contrazioni dei relativi musculi. Invero allacciato il nervo con istretto nodo di filo qualsiasi, e compreso il nervo stesso in un circuito elettrico, avviene che, se l'allacciatura trovasi fuori del circuito verso l'asse cerebro spinale, le contrazioni produconsi con notevole vigore; se trovasi entro il circuito, risultano alquanto attenuate; se trovasi fra il circuito e i muscoli, scorgonsi minime o nulle: s' aggiunge che il nervo crurale della rana galvanica allacciato, e perciò reso impotente all'esercizio motore, a fronte dell'applicazione tra l'allacciatura e l' estremità cefalica di correnti elettriche, o di altri stimoli fisico-meccanici o fisico-chimici, sciolto poi dal laccio ritorna capace di qualche sua azione motrice, dietro consimile applicazione delle stesse correnti elettriche, restando sempre inetto ad ogni reazione in onta ai parimenti reiterati altri stimoli fisico-meccanici o fisico-chimici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 10, 64, 77, 103. *Opere ec. pag.* 234, 244. — *Aldini Note al Commentario ec. pag.* 37, *Modena* 1792. — *Id, Saggio di Esperienze ec. pag.* 84, *ec. Bologna* 1802. — *Valli Prime Lettere sull' Elettricità Animale, Torino* 1792. — *Caldani Esperienze ec. Padova* 1792. — *Id. Nuove Ricerche ec. Padova* 1794. — *Grimelli Annotazione intorno a un fenomeno elettro-fisiologico ec. Foglio di Modena*, 5 *Gennajo* 1843. — *Matteucci Traité des Phénomènes Electro-Pysiologiques des Animaux, pag.* 235). Che poi l' elttrico s' avvii e scorra più agevolmente lungo l'intima sostanza nervea di quello che per l' esterno involucro della sostanza stessa, come fu sentenza del Galvani, ne guidano ognora a riconoscerlo le stesse osservazioni ed esperienze che addimostrano la somma acconcezza delle applicazioni elettriche alla sezione trasversale dei tronchi nervosi, e viceversa la resistenza contropposta dalle allacciature

dei tronchi medesimi, nell' occasionare e promuovere le contrazioni dei corrispondenti musculi. Maniere di argomenti elettro-fisiologici che ricevono tanto maggior valore, quanto più si considera nell'elettrico l' agente più penetrativo e diffusibile entro il sistema nerveo-musculare, a simiglianza pure degli agenti nervini, che quanto più insinuati nell' intimo del parenchima nervoso, tanto meglio valgono a dispiegare gli effetti loro proprii. Argomenti plausibilissimi a conforto della sentenza galvanica, nel difetto di poter precisare fisicamente e comparativamente la conducibilità elettrica dell'intima sostanza nervea, ossia nevrina, e dell' esterno suo involucro, ossia nevrilema (*Osservazioni ed Esperienze dirette ad instituire la Elettricità Medica, pag.* 236, 237, *Modena* 1839).

36. La discorsa conducibilità elettrica relativa alla speciale struttura e disposizione dei nervi riscontrasi attenersi eziandio alla particolare stuttura e disposizione delle fibre musculari. La struttura a fasci di fibre parallele, quale è propria dei musculi soggetti ai nervi cerebro-spinali, e ai moti volontarj, risulta più acconcia al corso elettrico lungo quei fascj, di quello che la struttura propria dei muscoli a fibre intrecciate, come nei tessuti musculari soggetti ai nervi ganglionari, e ai moti involontarj. Infatti riscontrasi in uno stesso pezzo musculare dell' apparato volontario più facile il transito delle correnti elettriche nella direzione longitudinale anzichè nella trasversale delle sue fibre; mentre un egual pezzo di muscolo involontario, come del cuore, colle fibre variamente incrocciate c intessute, contrappone per ogni verso una consimile resistenza all'andamento delle stesse correnti elettriche: maniera di osservazioni e di esperienze che è facile verificare interponendo gli accennati tessuti musculari nei circuiti di minime correnti elettriche, ed osservandone i proporzionati riscontri elettro-fisiologici delle contrazioni galvaniche, ed elettro-fisici delle indicazioni galvanometriche. Per tal modo compiendo il circuito tra il nervo crurale e le gambe di una rana fresca e vigorosa con un pezzo cubico di sostanza musculare, tratto dagli arti di animale, come il coniglio, si ravvisa che quanto più il detto pezzo di carne si interpone ed applica colle fibre in direzionc normale al nervo e alle coscie, tanto più di

leggieri sorgono le contrazioni della rana. Che se compiesi tale circuito con eguale pezzo di muscolo cardiaco, parimenti fresco, sogliono difettare o mancare le contrazioni in discorso. Lo stesso pretto circuito nerveo musculare della rana, qualora si instituisce adducendone il nervo crurale sulla coscia o sulla gamba in direzione longitudinale anzichè trasversale delle fibre musculari, riesce più efficace alla produzione delle contrazioni. Che se si introduce in siffatti circuiti il Galvanometro, si ottengono i riscontri delle relative correnti ognor più notevoli qualora attraversino l'interposto pezzo di carne musculare in direzione longitudinale delle sue fibre. Così è che, interponendo simile pezzo di muscolo fra la sommità delle coscie di una rana e le estremità dei piedi di un' altra, la risultante corrente si riscontra assai meglio indicata qualora il predetto pezzo musculare abbia le sue fibre disposte nella direzione medesima di tale circuito: il perchè si riconferma che in ordine alle fibre musculari il più agevole corso elettrico si compie lungo i lacerti o fascj di tali fibre.

37. E l' elettrico stesso, nell' avviarsi lungo i lacerti o fascj musculari, ne scorre le fibre così per l' intima loro sostanza (sarcolina), come per l' involucro loro (sarcolema). Che se si considera il componimento della sarcolina, quale risulta da una speciale aggregazione di materiali albuminoidi fibrinosi, e salini ferruginosi, si riconoscono in essa le condizioni di una particolare conducibilità elettrica analoga a quella del sangue, che, fra i varj umori animali, è il più deferente dell' elettrico. Inoltre a ravvisare lungo l' intima sostanza musculare agevole il corso accennato ne soccorre ancora l' osservare, che le scariche o correnti elettriche dirette per la sezione trasversale dei muscoli, specialmente recisi presso i tendini, riescono a suscitarne le maggiori contrazioni; s' aggiunge che in tal luogo cinti da stretto laccio i muscoli stessi, difettano subito e vengono meno le contrazioni proprie. D' altra parte il sarcolema, che qual membrana cellulare più o meno esile involge le fibre musculari, quindi più fitta ne fascia i lacerti, fino a prodursi stipata nelle aponeurosi e nei tendini, offre le condizioni di una minore conducibità elettrica. Invero le scariche e le correnti dirette sui tendini sogliono

promuovere le minori contrazioni dei relativi muscoli. Che se fra tendine e nervo di un muscolo si rivolge un circuito elettrico, in tal caso la squisita conducibilità nervea interviene all' effetto elettro-fisiologico delle maggiori contrazioni. Laonde avviene che il pretto circuito nerveo-musculare della rana, instituito adducendone il nervo crurale a contatto dei tendini della gamba, suole risultare abbastanza efficace per occasionare le contrazioni all' atto del compiere siffatto circuito. Però ove il nervo stesso si porti al contatto invece della sezione trasversale dei muscoli recisi presso quei tendini, le contrazionni risultano più vigorose e costanti. Adducendo poi a contatto la sezione trasversale del nervo colla sezione trasversale dei muscoli, le contrazioni si ottengono tanto all' atto del chiudere, quanto all' atto di aprire simile circuito, come fu addimostrato dal Grimelli (*Nuovi Annali delle Scienze Naturali ec. tomo X, Bologna* 1843).

38. Stanti le quali cose ne consegue che l' elettrico scorre entro li tessuti nerveo-musculari lungo i nervi in direzioni ramificate, e lungo le fibre musculari in direzioni parallele, con vicende attinentisi ognora alla forza organico-vitale propria dei tessuti stessi. Questi in fatti ove più vivaci e vigorosi, meglio si prestano al corso elettrico; come riscontrasi nella rana galvanica sottoposta a minime correnti, le quali all' un tempo introdotte nel circuito galvanometrico offrono le maggiori contrazioni musculari, e le maggiori indicazioni dell' ago calamitato. Mano mano poi nella rana medesima vien meno la sua forza organico-vitale, necessitano correnti elettriche di cresciuta intensità pel loro trascorrimento lungo gli stessi tessuti nerveo-musculari, onde riproducansi li primitivi effetti elettro-fisiologici delle contrazioni, ed elettro-fisici delle indicazioni galvanometriche. Nel quale stato di cose comunque si adoperi, mediante materiali umidi o salini o alcalini o acidi i più conduttori dell' elettrico, ad umettare o ammollire i nervi e i muscoli, non è dato restituire loro quella conducibilità intrinseca, per la quale le minime correnti li attraversano coi massimi effetti di contrazioni musculari, e di indicazioni galvanometriche. Le fibre nervee poi si ravvisano più delle musculari dotate di conducibilità elettrica, riscontrandosi di

leggieri che un tronco nervoso riesce assai meglio deferente, di quello che un pari tratto di tessuto musculare. E invero il tronco nervoso lombare di una rana distaccato di recente dalla medesima, e posto ad arco tra i nervi e i musculi crurali d'altra rana, riesce, in siffatto circuito, ad esercitare tale ufficio conduttore da risultarne le contrazioni musculari. Che se in luogo dell' accennato tronco nervoso si dispone un pari tratto di tessuto musculare, questo non vale a sufficiente mezzo di conducimento pel circolo elettrico abile a promuovere le contrazioni; anzi a tal uopo necessita un tratto musculare di assai più ampia sezione trasversale, onde riesca all'indicato ufficio conduttore con efficace circolo elettro-fisiologico (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 322, 323, 420, 421, 423, ec.). Inoltre scandagliando nella medesima rana galvanica la conducibilità elettrica, dal tronco vertebrale lungo gli isolati nervi lombari agli arti addominali, si riscontra o presso che pari, o di poco inferiore a quella che ottiensi dall' uno all'altro arto per le ampie loro vie musculari. Così è infatti che la corrente di una coppia voltaica, avviata lungo il tronco vertebrale li nervi lombari e gli arti addominali di una rana, e all' un tempo introdotta pel circuito galvanometrico, offre una declinazione dell' ago magnetico o pressochè pari, o ben poco minore di quella che ottieusi dirigendo in simile circuito la stessa corrente di guisa che trapassi dall' uno all'altro arto dell' animale: maniera di osservazione che si instituisce di leggieri collocando la rana galvanica a cavalcione di due tazze munite di acconcio liquido conduttore; tuffandovi, nell' un caso, per l' una parte il tronco vertebrale, per l' altra le gambe; nell' altro caso immergendo l' una gamba nell' una tazza, e l' altra gamba nell' altra tazza; ed in ambi i casi aggiungendo una terza tazza per compiere il circuito colla coppia voltaica e cogli estremi del filo galvanometrico. Vero è che il Matteucci, fattosi a scandagliare la conducibilità elettrica relativa o differenziale tra i tessuti nervei e i musculari, fu tratto a conchiudere minore quella dei nervi, maggiore quella dei muscoli. Ma in proposito necessita avvertire che nello stato cadaverico, specialmente dell' animale a sangue caldo, prescelto dal Matteucci agli accennati scandagli,

i tessuti nervei assai più presto dei musculari scadono e precipitano da ogni loro proprietà elettro-fisiologica ed elettro-fisica: quindi è che la indicata conclusione di questo esimio fisico resta manchevole di fondamento fisiologico. S' aggiunge che lo stesso fisico, dopo avere annunziato che una corrente anche forte, come quella di una pila di dieci elementi, introdotta lungo gli organi di una rana preparata al solito, non abbandona questa via per entrare nei fili del galvanometro, si è poi dato con siffatto metodo delle correnti derivate a scandagliare la conducibilità dei tessuti organici nervei e musculari: ma se, dietro le contrapposte osservazioni ed esperienze del Nobili, il Matteucci riconobbe che eziandio le minime correnti, avviate lungo conduttori umidi ed organici, restano pure derivate lungo il circuito galvanometrico con indicazioni notevolissime, non perciò simili indicazioni risultano criterj fedeli della conducibilità differenziale tra i tessuti nervei e i musculari, senza aver riguardo allo stato fisiologico loro proprio; stato pel quale si è condotti a riconoscere che quanto son più vivaci e vigorosi i tessuti nervei ed i musculari, tanto maggiore risulta la conducibilità elettrica dei primi sui secondi (*Memorie ed Osservazioni ec. del Cav. L. Nobili ec. Vol. I, pag.* 12, *Firenze* 1834. — *Memoria sull' andamento e gli effetti delle correnti elettriche dentro le masse conduttrici del Cav. L. Nobili ec. pag.* 50, 51, *Firenze* 1835. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci etc. pag.* 46, 51, *Paris* 1844.).

39. La conducibilità elettrica in discorso si riconosce inoltre attenersi a particolari norme relative alla distribuzione e ramificazione dei nervi lungo i muscoli. E per verità siffatti tessuti quanto più costituiti nella pienezza del loro vigore vitale, e delle corrispondenti loro facoltà elettro-fisiologiche, tanto più offrono alle correnti elettro-positive uno spedito corso dalle diramazioni ai tronchi nervosi, di quello che inversamente; infatti riscontrasi che la rana fresca e vigorosa, attraversata da una minima corrente che proceda elettro-positiva dai piedi alla testa, presenta maggiori contrazioni e indicazioni galvanometriche di quelle offerte da simile corrente diretta in senso inverso. Ma nella rana stessa, al primo scadere del suo

vigore organico-vitale, scorgesi ben presto addivenir pari la sua facoltà conduttrice ed elettro-fisiologica alle accennate correnti comunque rivolte sui muscoli, o dalle diramazioni ai tronchi nervosi, o da questi a quelle; nel quale stato di cose si ravvisano così nell' uno come nell' altro caso pari effetti di contrazioni musculari, e di indicazioni galvanometriche. Scadendo poi ed infralendosi ognor più i tessuti nerveo-musculari cominciasi a riscontrare il corso elettrico più agevole ed efficace dai tronchi alle diramazioni nervose, con analoghi effetti elettro-fisiologici: così è che a tale fralezza le correnti elettro-positive dirette dai tronchi dei nervi alle loro diramazioni promuovono, all' atto di loro invasione, le contrazioni musculari; mentre per l'inverso corso ne consegue piuttosto il trattenimento elettrico, fino al suo riflusso all' atto del sospendere la corrente, con effetto delle contrazioni. Singolari fenomeni o vicende di conducibilità, e di facoltà elettro-fisiologiche, che si riconfermano eziandio mediante le maggiori correnti elettriche dirette lungo i sistemi nerveo-musculari degli animali superiori, e da questi derivate mercè il galvanometro: per tal guisa sul coniglio posto nel circuito voltaico occorre di osservare una corrente derivata di varia intensità, a seconda del diverso vigore nerveo-musculare, e della direzione elettro-positiva dai rami nervosi ai centri encefalici, o viceversa; fenomeni già accennati dal Matteucci, e meritevoli del più attento studio, per riferirli daddovero alla indicata singolare conducibilità e facoltà elettro-fisiologica dei tessuti nerveo-musculari (*Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux etc. pag.* 48, 51, Paris 1844).

40. Però i nervi e i musculi quanto risultano, nell' accennata guisa, abili conduttori, nei primi momenti, dell' elettrico, altrettanto si riconoscono trattenere ed infrenare, nei successivi istanti, il corso dell' elettricismo stesso, con particolare accumulamento del medesimo lungo le diramazioni nervose, e con isviluppo di polarità secondarie sui tessuti musculari. Singolari facoltà per le quali i nervi valgono a trattenere e ad accumulare in se l' elettrico di corrente, fino a svolgerlo con riflusso, o corso inverso: e in frattanto i musculi soggiaciono allo sviluppo delle polarità secondarie, favoreggianti

il corso e l' efficacia delle inverse correnti elettriche. Argomenti preclarissimi già avviati fin dai primi passi del Galvanismo Fisiologico e Fisico, ed addivenuti ognor più meritevoli di particolari considerazioni e riconferme.

41. Varie osservazioni ed esperienze addimostrano nei nervi la particolare facoltà, tutta loro propria, di rapidamente accogliere e derivare, trattenendo ben presto e condensando lungo le loro diramazioni l' elettrico di qualsiasi origine o provenienza, fino a svolgerlo a maniera di scarica inversa, coi relativi effetti elettro-fisiologici. Già il Galvani, che intraveduto avea nei nervi la facoltà di accogliere dal cervello l' elettricismo separato dal sangue, e di ritenerlo eziandio dopo la soppressione del circolo sanguigno, riconobbe di buon' ora nei suoi circuiti elettro-fisiologici le contrazioni, all' atto di aprirli, per un riflusso elettrico procedente dai tessuti nerveo-musculari. E il Volta riconfermò, mediante il suo elettromotore, simili vicende di contrazioni per riflusso di elettricismo, quale riconobbe invece nell' elettromotore stesso. Ma il Marianini alla perfine, con una serie delle più sagaci e concludenti osservazioni ed esperienze instituite intorno a simili materie, addimostrò l' accennato riflusso elettrico tutto proprio dei tessuti nerveo-musculari, e, a guisa delle correnti invertite sui tessuti stessi, efficacissimo all' uopo delle contrazioni: singolare procedimento elettro-fisiologico il quale si verifica altresì, come addimostrò il Grimelli, nel pretto circuito nerveo-musculare, instituito adducendo ad immediato contatto la sezione trasversale dei nervi crurali con la sezione trasversale de' corrispondenti muscoli, ottenendosi in siffatto modo, all' atto di aprire tale circuito, le contrazioni del medesimo (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 175, 250, 262, 400, *ec.* — *Collezione delle Opere del Volta, tom. II, parte II, pag.* 119, 219, *ec..* — *Memoria sopra la Scossa che provano gli animali nel momento che cessano di fare arco di comunicazione fra i poli di un elettromotore ec. del Prof. Stefano Marianini, Venezia* 1828. — *Grimelli Lettera diretta al Pr. Cav. G. B. Amici intorno alle contrazioni che si producono nell' atto di chiudere non che in quello di aprire il circuito prettamente nerveo-musculare della rana:*

Nuovi Annali delle Scienze Naturali ec. tomo X, Bologna 1843). E quanto meglio applicato e diretto l' elettrico lungo i tronchi e le diramazioni nervose, tanto più si manifesta la indicata loro proprietà di accoglierlo e ritenerlo, fino a svolgerlo a maniera di scarica inversa. Infatti operando sui soli isolati nervi lombari o crurali si producono all' atto dell' aprire il circuito, le contrazioni musculari, con tutti i riscontri di un verace riflusso elettrico manifestato dalle vicende delle contrazioni stesse. Anzi per tal modo si osserva che le minime correnti applicate a due punti comunque prossimi del tronco nerveo, e specialmente compresavi la sua sezione trasversale, risultano oltremodo abili a tali procedimenti, a guisa delle correnti invertite sui punti medesimi. Ove poi si comprendano nel circuito stesso i tronchi nervosi in un coi suoi muscoli, necessita estendere la applicazione elettrica sul tessuto musculare, all' uopo di favorirne la invasione e il riflusso lungo i rami nervosi, cogli effetti delle contrazioni: invero scorgesi che quanto più si dirige il corso dell' elettricismo per l'una parte sui tronchi nervosi, per l'altra su estesa superficie musculare, tanto maggiori se ne ottengono, all' atto di aprire il circuito, le contrazioni; maniere di procedimenti che perciò si ravvisano attenersi ognora al corso e riflusso elettrico lungo i tronchi e i rami nervosi proprj dei musculi. E dirigendo la corrente voltaica attraverso le masse musculari riscontrasi pure, che quanto più diretta lungo quelle masse a senso delle diramazioni nervose, tanto meglio riesce a promuoverne, nell' atto di aprirne il circuito, le contrazioni. Che se il tessuto musculare si spoglia d' ogni accessibile tronco e ramo nervoso, le stesse correnti, mentre restano ancor capaci di promuovere le contrazioni all' atto del chiudere il circuito, addivengono oltremodo inette a simili contrazioni nell' atto di aprire il circuito medesimo: risultamenti di fatto, che viepiù addimostrano il riflusso elettrico attenersi in grado eminente ai tronchi e alle diramazioni nervose, nella sua efficacia promovitrice delle contrazioni musculari. Inoltre si riscontra che i circuiti elettromotori chiusi sui tessuti nerveomusculari, mediante estesi conduttori metallici di qualsiasi forma, valgono a promuovere le maggiori contrazioni nell' atto

dell' aprire simili circuiti. Invero gli accennati conduttori, a pari superficie, applicati sui tessuti organici ed estesi oltre i medesimi, siano brevi ed ampj come grossi cilindri, siano lunghi e sottili come tenui fili, giovano parimenti all' effetto delle contrazioni e sensazioni, nell' atto di aprirne il circuito: così è che interponendo, o i conduttori di una ordinaria macchina elettrica, o altri consimili, in un colla rana, fra i poli di un semplice elettromotore voltaico, si ottengono, all' aprire il circuito, le stesse contrazioni; parimente interponendo fra l' accennato apparecchio il labbro superiore e inferiore, si sperimentano le sensazioni di gusto e lampicello galvanico nell' atto di aprire simile circuito. Per le quali cose si riconosce che l' elettrico accumulato nei tessuti nerveo-musculari, e dai medesimi rifluente, trova agevolato sui predetti conduttori il suo riflusso ed istantaneo discaricamento, coi relativi fenomeni elettro-fisiologici. Nei quali casi a tale riflusso elettrico, procedente dai tessuti nerveo-musculari, s' aggiunge altresì la corrente volta-elettrica indotta su que' conduttori, tanto più intensa ed efficace, quanto più i conduttori stessi siano di lungo filo ed avvolto a stretta spirale. Che se la spirale medesima s' avvolge attorno cilindro di ferro, s' aggiunge eziandio la corrente indotta magneto-elettrica, coi maggiori effetti elettro-fisiologici, quali appunto si ottengono mediante il noto apparecchio del Masson. Maniere di complicanze che si verificano ancora coi ben noti apparecchi magneto-elettrici a rotazione, per li quali le correnti dirette attraverso i tessuti nerveo-musculari rifluiscono dai medesimi, coi più singolari effetti composti di contrazioni e di sensazioni.

42. Però fra i varj mezzi di applicazione elettrica ai tessuti nerveo-musculari, gli archi galvanici, e gli elettromotori voltaici risultano i più capaci per rivolgere lungo i nervi l' elettrico in tale copia, che d' un tratto riesca ad accumularsi nei medesimi, fino al riflusso con iscarica inversa e momentanea, e di tal guisa efficace ad occasionare e promuovere li relativi fenomeni elettro-fisiologici delle contrazioni e delle sensazioni. E per verità le correnti galvaniche o voltaiche, mercè la copia istantanea dell' elettrico loro proprio, invadono d' un

tratto ogni diramazione nervosa motrice e sensoria, avvolgendosi e accumulandosi, quindi svolgendosi e rifluendo lungo le diramazioni stesse, d' onde il magistero, così all' avviare, come al sottrarre quelle correnti, delle contrazioni e delle sensazioni: per tal guisa da un arco metallico eterogeneo applicato sul nervo crurale della rana ne procede l' elettricismo ad avvolgersi e cumularsi lungo le diramazioni nervose, in modo che, all' aprire simile circuito, l' elettrico stesso svolgesi e scorre a foggia di corrente inversa, occasionando e riproducendo le contrazioni; di pari guisa l' arco medesimo, specialmente d' argento e zinco, applicato all' uomo per l' un estremo fra il labbro e la gengiva superiore, per l' altro fra il labbro e la gengiva inferiore, dirama e accumula il proprio elettricismo fino ai nervi ottici, con sensazione di luce o lampicello, eziandio all' atto di aprire siffatto circuito. Singolari procedimenti elettro-fisiologici che quanto più si riscontrano attenersi alla copia, anzichè alla tensione dell' elettrico applicato, tanto più ne addimostrano l' intimo magistero riposto nell' accennata facoltà tutta propria dei nervi di accogliere e derivare, di trattenere e accumulare l' elettrico di corrente, fino a svolgerlo con inverso corso, e coi relativi effetti di contrazioni e di sensazioni. Mirabilissima facoltà, in grado eminente caratteristica delle fibre nervee, e della quale pure si ottengano alcuni riscontri al galvanometro. Infatti osservasi che la corrente di un piccolo arco metallico eterogeneo avviata lungo il nervo crurale della rana, e all' un tempo pel circuito galvanometrico, quanto in sul primo istante presenta la maggiore declinazione dell' ago calamitato, altrettanto ben presto ne offre oltremodo decrescenti le oscillazioni. Che se in tale circuito si surroga un tronco di tessuto qualsiasi, imbevuto di soluzione buona conduttrice dell' elettrico, come di solfato di rame, ottiensi una presso che pari indicazione galvanometrica con successive meno decrescenti oscillazioni. S' aggiunge che le correnti nerveomusculari riscontransi esse stesse della più rapida declinazione, e della minor durata, a fronte di quelle che ottengonsi da elettromotori umidi inorganici o idrometallici. Infatti introducendo nel circuito galvanometrico la rana ne risulta una declinazione dell' ago, decrescente assai più presto che nei casi

di qualsiasi altro elettromotore inorganico; fugacità delle correnti nerveo-musculari, quale verificasi eziandio sulle torpedini, e riferibile specialmente al corso elettrico ben presto trattenuto lungo i nervi medesimi. Quindi si riconosce ognor più la discorsa singolare facoltà propria dei nervi di trattenere l' elettrico, fino a svolgerlo per riflusso a maniera di scarica istantanea; foggia di scarica che quanto viene appalesata dai relativi fenomeni elettro-fisiologici di moto e di senso, altrettanto rifugge dal manifestarsi cogli ordinarj riscontri al galvanometro, specialmente trattandosi dei tessuti nerveomusculari di sì piccolo animale come è la rana. Però il Reelettrometro del Marianini ridotto alla maggiore squisitezza opportuna a raccogliere ed indicare le minime e più fuggevoli scariche o correnti istantanee, applicato agli animali maggiori, forse riescir potrebbe quale mezzo il più acconcio all' uopo di riconoscere il corso dell' elettrico comunque accumulato, e rifluente lungo i nervi.

43. Mentre poi i nervi presentano gli accennati contrassegni di elettrico accumulato, e rifluente lungo le loro diramazioni, invece i muscoli offrono i riscontri più accertati delle polarità secondarie. E invero le correnti voltiane, comunque dirette attraverso i tessuti musculari, valgono ad indurre in essi le condizioni abili allo sviluppo di un inverso circolo elettrico, come lo appalesano le indicazioni galvanometriche: singolari procedimenti di polarità secondarie tanto maggiori e più cospicui, quanto più trattasi di musculi freschi e vigorosi e di intense correnti voltaiche, condotte sui tessuti stessi mediante acquose soluzioni o saline, o alcaline, o acide; maniere di fenomeni appalesati dalle relative inverse correnti elettriche, quali si raccolgono immediatamente dai tessuti musculari, e si scandagliano appuntino mercè il galvanometro, colle appendici in ispecie a vasetti metallici. E primamente una rana viva assopita coll' alcoole, ovvero di recente preparata alla galvanica, posta colle sue gambe a cavalcione di due tazze o bicchieri di vetro o maiolica riempiti di soluzione acquosa di cloruro sodico, e all' un tempo immersi nelle tazze stesse gli estremi di una ordinaria coppia voltaica di rame e zinco, assume in pochi istanti la polarità elettro-positiva nell' arto tuffato collo zinco,

e la elettro-negativa in quello tuffatò col rame. Così è infatti che tolta da siffatto circuito, ed introdotta subito colle estremità dei suoi arti nel circuito galvanometrico, offre una corrente elettrica inversa a quella applicatale, e segnata da ampia declinazione dai 20 ai 30 gradi dell' ago magnetico; maniere di polarità e di correnti che quanto rapidamente si producono e manifestano nei tessuti musculari freschi e vigorosi, altrettanto sollecitamente si dileguano e svaniscono dai tessuti stessi. Che se la rana si prepara lasciandole la colonna vertebrale integra, ed unita, mediante i nervi e i muscoli lombari, agli arti addominali, e si dirige la corrente elettrica dalle estremità delle gambe all' estremità della colonna vertebrale, offre anche per tal verso le polarità secondarie, con relativa corrente variamente complicantesi a quella propria dei tessuti nerveo-musculari. Quindi la rana nel detto modo preparata, e immersa coll' estremità delle gambe entro l' un bicchiere, coll' estremità della colonna vertebrale entro l' altro, poi compiuto il circuito mercè la copia di rame e zinco, assume ai detti estremi le polarità secondarie; in guisa che, a seconda che la corrente da esse originata e quella propria dei tessuti musculari o vanno per lo stesso verso o per versi opposti si riscontrano al galvanometro or sommate or equilibrate, or l' una prevalente sull' altra; il perchè qualora la applicata corrente voltaica procede elettro-positiva dai muscoli della colonna vertebrale a quelli delle gambe, ne conseguono polarità cospiranti a crescere la corrente propria della rana, come si verifica esattamente al galvanometro. Ove poi la rana preparata alla galvanica si collochi col tronco spinale tuffato nell' una tazza, e colle estremità delle gambe nell' altra, standone i soli nervi lombari a cavalcione delle tazze, in tal caso la corrente della copia voltaica, all' atto del chiudere il circuito, invadendo i nervi, promuove le contrazioni dei corrispondenti muscoli; nel tempo del chiuso circuito resta trattenuta, accumulandosene l' elettrico lungo i nervi stessi; nel momento dell' aprire il circuito si svolge l' accumulato elettricismo, con effetto di contrazioni, e senza riscontri di superstiti polarità secondarie. Parimenti applicando e rivolgendo sui soli nervi lombari o crurali una corrente elettrica si

producono, all'atto di chiuderne e di aprirne il circuito, le contrazioni musculari, per afflusso e riflusso elettrico senza concorso di polarità secondarie, almeno riconoscibili e manifeste. S' aggiunge che la corrente voltaica condotta sui tessuti musculari indipendentemente da mezzi liquidi, ma invece con conduttori metallici applicati immediatamente sui tessuti medesimi, risulta oltremodo inefficace alla produzione delle polarità secondarie. Perciò se con un arco di rame e zinco si comprendono immediatamente fra i suoi estremi un arto della rana, o un tratto musculare, ne risultano ognora minime o nulle le polarità secondarie. Che se mercè un elettromotore composto si rinforza la corrente sugli stessi tessuti musculari, anche in tal caso le polarità riescono assai minori di quelle svolte sotto pari influsso elettrico condottovi mediante liquidi o salini, o alcalini, o acidi. Combinando poi più rane in serie riunite, o lateralmente a fascio, o longitudinalmente a catena, e sottoponendole a una corrente voltaica che le attraversi tutte, si verificano in ognuna le stesse polarità secondarie, con pari vicende: riunite lateralmente giova stringerle a fascio, immergendone gli estremi nell' opportuno liquido conduttore, ottenendo così dalle assunte polarità la maggior somma delle rispettive loro correnti, quale riscontrasi crescere col numero delle rane in proporzione aritmetica; disposte poi a corona di tazze, giova oltremodo il liquido più conduttore perchè [illegible] una rana meglio concorra colle rispettive polarità alla, [illegible]iva corrente, la quale in tal caso si ravvisa rinf[illegible]a con addizioni decrescenti in ragione del numero del-[illegible]ne: foggie di osservazioni che meritano pure tanto mag-[illegible] studio, quanto più si riscontrano per l'una parte controverse, per l' altra discorse senza acconcie direzioni elettro-fisiologiche (*Marianini Lettera all' Accademia delle Scienze di Parigi sopra la causa alla quale il signor Peltier attribuisce le contrazioni che provano gli animali quando s' interrompe il circolo voltaico del quale fanno parte*: *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, *tomo V*, 1835. — *Matteucci Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux pag.* 14 *etc. Paris* 1840).

44. Torna quindi in acconcio il notare fin d'ora che le polarità

secondarie realmente assunte dai tessuti musculari, comunque forniti o spogliati possibilmente d' ogni loro tronco e ramo nervoso, quanto si riconoscono lungi dal promuovere, come pretese il Peltier, le contrazioni proprie dell' atto di aprire il circolo elettrico, altrettanto si ravvisano intervenienti e cooperanti ai fenomeni elettro-fisiologici proprj delle correnti inverse conosciuti sotto il nome di alternative voltiane. Così è, come già ne fece conoscere il Volta, che le correnti elettriche dirette lungo i muscoli, e continuate sui medesimi per lo stesso verso, decrescono ben presto nella loro efficacia elettro-fisiologica, fino a divenire impotenti a promuoverne le contrazioni, le quali si rinvigoriscono e si riproducono immediatamente coll' invertire le stesse correnti sui musculi medesimi; rinvigorimento e riproduzione di contrazioni che si ravvisano procedere di pari passo colle precipue condizioni per le quali si ingenerano nei tessuti musculari le polarità secondarie, ossia colla freschezza fisiologica di tali tessuti, e col passaggio della corrente voltaica attraverso conduttori umidi posti in contatto dei tessuti stessi. Per tal guisa risulta, nel modo più manifesto, che la corrente occasionata dalle insorte polarità, e la voltaica invertita, cospirano ambedue per lo stesso verso a rinvigorire e riprodurre le attenuate o sospese contrazioni. Difatti in simili casi il concorso simultaneo delle accennate correnti si riconosce eziandio ai riscontri galvanometrici; invero scandagliando separatamente al galvanometro l' una e l' altra corrente, poi scandagliando all' un tempo avviate per lo stesso verso, si riconoscono in realtà associate in misura corrispondente pressochè alla loro somma: la maniera di associazione e di mutuo rinforzo reso così manifesto dalle rinvigorite contrazioni musculari e dalle relative indicazioni galvanometriche.

45. D'altra parte come ogni azione elettrica, stante la sua influenza su qualsiasi corpo, svolge, pel magistero dell' induzione, l'elettricismo proprio del corpo stesso, così esercita analogo influsso e promuove consimile magistero sui tessuti nerveo-musculari, inducendone il loro elettricismo a comparteciparè ai fenomeni e alle vicende delle relative contrazioni. Già una atmosfera elettrica qualsiasi, nell' atto del suo rapido

stabilirsi, nel tempo del continuato suo sussistere, nell'istante del pronto disciogliersi, su la rana galvanica induce ed occasiona li più singolari fenomeni, e le più mirabili vicende elettro-fisiologiche; ed altresì le correnti voltaiche all' atto del loro avviarsi, nel tempo del loro sussistere, nell' istante del pronto cessare sui tessuti nerveo-musculari, occasionano e promuovono, nei medesimi, consimili fenomeni ed effetti fisiologici. Nei quali cimenti l' elettricismo estrinseco di qualunque provenienza ed invadente i tessuti organici, si complica coll' intrinseco indotto nei nervi e nei musculi, producendosi in fra tale complicanza le contrazioni, dal Galvani riconosciute come promosse dall' elettrico nerveo-musculare, e dal Volta invece ragionate mediante lo stimolo elettrico procedente dai corpi circostanti. Ma vero è che qualsiasi elettricismo esteriore influente sui tessuti organici, o comunque avviato sui medesimi, commuove e sospinge l' elettrico nerveo-musculare, in guisa che questo riesce primo a scorrere i nervi e i musculi stessi, e a dispiegare la sua efficacia elettro-fisiologica per le contrazioni. Che se l' estrinseco elettrico inducente scorre subito, per le medesime vie organiche, dietro l'intrinseco indotto, ne consegue che le contrazioni suscitate da questo vengono da quello o accresciute, ove fievoli, fino a tramutarle da cloniche in toniche, ovvero, se vigorose, restano attenuate fino al rilassamento, come è proprio del corso elettrico continuato per lo stesso verso. Foggie di vicende che si ravvisano appunto negli indicati cimenti galvanici; per li quali si riscontra che, a seconda del minore o maggiore predominio di intensità dell' estrinseco elettrico inducente sull' intrinseco organico indotto, le contrazioni si producono colle relative accennate vicende cloniche e toniche, e di tardo o pronto rilassamento musculare. Laonde poi si è guidati a riconoscere nei tessuti nerveo-musculari una particolare inducibilità elettro-fisiologica, attinentesi alla loro forza organico-vitale, e capace di svolgere dal seno di que' tessuti siffatto elettricismo indotto, che di leggieri compartecipa ai fenomeni e alle vicende delle contrazioni e dei rilassamenti musculari.

46. Fra i diversi metodi galvanici opportuni a sperimentare le cariche elettriche, per le loro atmosfere, influenti sulla

rana, il più semplice ed efficace si è quello di dirigere simile influenza, attraverso acconci mezzi coibenti, sopra gli isolati tessuti nerveo-musculari. E primieramente ad osservare siffatta influenza elettrica, nell'atto del suo rapido investire gli accennati tessuti, si adoperi un vase, o bicchiere di vetro sottile, ed ampio quanto occorre a distendere nel suo fondo gli arti addominali di una rana allestita coi suoi nervi lombari uniti al tronco vertebrale; quindi si disponga la rana stessa in guisa che, mentre i suoi arti giaciono sul fondo interno del bicchiere, il tronco vertebrale, alzato fino a tutta la lunghezza dei suoi nervi, resti, per la naturale vischiosità dei suoi umori, aderente alla interna superficie della parete vitrea; poi, caricata una piccola bottiglia di Leida, si avvicini la sua armatura, o elettro-positiva o elettro-negativa, isolata, all'esterna superficie del bicchiere ove corrisponde il tronco vertebrale; e per tal guisa all' atto dell' avvicinamento fino alla prossimità del contatto, o al contatto dell'armatura col vetro, si osservano prodursi le contrazioni della interna rana, quali ad ogni simile avvicinamento o applicazione si reiterano, fino a che i tessuti nerveo-musculari si serbano abbastanza vivaci e vigorosi. In tal modo scorgesi che il tronco vertebrale della rana compie, sul tratto dell' interna parete vitrea al quale è applicato, l' ufficio di una particolare armatura, il cui elettrico indotto scorre lungo i nervi a promuovere le contrazioni, che si ripetono, tanto se i muscoli restano isolati entro il bicchiere, quanto se communicano mediante filo metallico col suolo. E a compiere simile foggia di bottiglia, ad armature nerveo-musculari, si usi lo stesso vase con entro la rana disposta nell' accennato modo, cui s' aggiunga all' esterno altra simile rana sostenuta su un piano isolante, in guisa che le estremità musculari delle sue gambe, recise presso l' articolazione del piede, restino applicate contro l' esteriore superficie vitrea ove corrisponde l' interno tronco vertebrale; in tale disposizione di cose, avvicinando l' armatura carica ed isolata della bottiglia leidense al tronco spinale dell' esterna rana, ne conseguono le contrazioni di questa, e all' un tempo di quella disposta nell' interno del bicchiere: per siffatta maniera le due rane compiono l' ufficio, l' una di esterna, l' altra

di interna armatura del tratto di parete vitrea cui sono applicate, venendo l' una eccitata alle contrazioni dall' elettrico condotto, e l' altra dall' indotto sui rispettivi tronchi spinali, e lungo i corrispondenti nervi e musculi. Fenomeni ed effetti che fia opportuno il ravvisare dietro i principj dei coibenti armati; per li quali si riconosce che quanto più è lieve la estrinseca carica elettrica applicata all' un' armatura, tanto più la conseguente carica indotta procede dall' elettrico proprio dell' altra armatura; e invece quanto maggiore la intensità della carica inducente, tanto più la carica indotta emana dall' elettrico proprio dell' interposto coibente. Quindi poi giova considerare che, nel caso delle due rane applicate a foggia di armature alle opposte superficie della parete vitrea del bicchiere, basta una lieve carica segnata da pochi gradi dell' elettrometro di Henley, e diretta sul tronco vertebrale dell' esterna rana, perchè attraverso il vetro si compia istantaneamente la induzione elettrica sull' interna rana, coll' effetto delle sue contrazioni: s' aggiunge che, mentre in ambedue le rane si manifesta all' elettrometro del Volta l' elettricismo, condotto sull'una, indotto sull'altra, la esterna rana, dietro simili ripetute applicazioni elettriche, cessa dalle sue contrazioni, proseguendo ancora l' interna per ogni consimile applicazione a manifestare le contrazioni sue proprie.

47. E le stesse cariche inducenti l' elettricismo dei tessuti nerveo-musculari, finchè sussistono ad investire tali tessuti, li mantengono pure in uno stato elettrico capace di promuovere le contrazioni. Si prenda un coibente adatto, come un vetro o quadro frankliniano, munito in una sola superficie di lamina metallica lunga e larga quanto una rana, e si disponga tal vetro orizzontalmente colla indicata sua armatura in basso, caricata o elettro-positivamente o elettro-negativamente, mentre sulla nuda superficie vitrea superiore si distenda una rana allestita alla galvanica cogli arti addominali, nervi crurali, tronco vertebrale. In tal modo serbando continuamente carica l' armatura inferiore, mediante adatta comunicazione colla bottiglia di Leida, si osserva che i sovrapposti tessuti nerveo-musculari trappassano dallo stato di rilassamento a quello di contrazione, ad ogni tocco sui loro nervi

con punta di corpo metallico impugnato: per tal guisa avviene che la carica elettrica dell' armatura metallica inferiore, finchè sussiste, dispiega, attraverso il vetro, la sua influenza sui nervi e musculi svolgendone il loro elettricismo, il quale all'atto d'ogni suo scorrimento lungo i nervi stessi promuove le contrazioni musculari. Maniere di fenomeni elettro-fisiologici che si producono eziandio dirigendo simile influenza elettrica sui soli nervi lombari della rana, passati perciò a cavalcione di un piccolo tubetto di vetro munito lungo il suo interno di un filo metallico comunicante colla armatura carica ed isolata della bottiglia di leida: così stando la rana pendente dall' indicato tubetto, basta, finchè sussiste la carica dell' interno filo, toccare con punta metallica i nervi della rana stessa per occasionarne le contrazioni dei corrispondenti muscoli; di tal guisa scorgesi che la tenuissima carica di un filo metallico, grosso circa quanto i cordoni nervosi lombari, lungo circa quanto l' animale, riesce, attraverso le pareti di un adatto tubetto di vetro, a tale induzione elettrica su que' nervi, da produrre ad ogni corso di siffatto elettricismo lungo i medesimi le contrazioni musculari.

48. Le discorse cariche elettriche quindi, dirette a svolgere l' elettricismo dei tessuti nerveo-musculari, ne occasionano all'atto del loro disciolgliersi, attorno i tessuti accennati, le più manifeste contrazioni. Al quale oggetto giova oltremodo che la influenza o elettro-positiva o elettro negativa sia diretta, specialmente e di preferenza, sui nervi, restando così investiti e corsi dall' indotto elettrico opportuno alle contrazioni dei corrispondenti muscoli; inoltre giova che tale sviluppo e corso elettrico sia favorito da abili conduttori posti in comunicazione coi nervi, alla maniera insegnata dal Galvani, fisiologicamente calcolando l' elettricismo intrinseco nerveo-musculare, e dottrinata dal Volta, fisicamente computando l' elettricismo estrinseco e proprio dei circostanti conduttori. Però la rana galvanica, eziandio isolata, o entro vase di vetro, o su piano coibente, o appesa a filo di seta, senza comunicazione alcuna con qualsiasi corpo conduttore, e investita tutta attorno dalla atmosfera di una ordinaria macchina elettrica, offre nei momenti del massimo vigore fisiologico, e all' atto della scarica scintillante,

le più singolari contrazioni cloniche; foggie di contrazioni che si ravvisano ordinarie e caratteristiche dell'intima azione elettrica nerveo-musculare; riscontrandosi invece che le estrinseche scariche o correnti nell' invadere i nervi o i muscoli stessi valgono piuttosto a provocare contrazioni tetaniche. Anche il naturale elettricismo atmosferico sebbene a minime tensioni tuttavolta si ravvisa dispiegare siffatta influenza intrinseca elettro-nervea, fino a promuovere le più singolari attitudini e vicende di contrazioni musculari galvaniche. Così è che, in ogni stagione e in ogni giornata o serena o nuvolosa, nelle ore del mattino e del vespro, nelle quali suole occorrere massimo l' ordinario elettricismo atmosferico, e il suo influsso, a comparazione delle ore meridiane o notturne, i circuiti elettro-fisiologici galvanici offrono sempre gli effetti loro proprj più vivaci e durevoli. Sulla stessa rana poi integra e viva ed assopita, mediante liquore alcaolico o etereo, nei momenti temporaleschi estivi o autunnali, si osserva, tra simili vicissitudini atmosferico-elettriche, un frequente tremito convulsivo clonico, in tutta la musculatura, con ricorrenti moti di flessione e di estensione dei suoi arti: maniere di fenomeni elettro-fisiologici che esaminati eziandio in ordine agli animali a sangue caldo ne sembrano opportuni per guidare a riconoscere la speciale influenza dell' elettricismo atmosferico anche sull' uomo. E per verità egli è noto che gli individui quanto più sensibili ed irritabili, tanto più risentono e manifestano le vicissitudini temporalesche, con particolare senso di malessere o di stato convulsivo saltuario o ricorrente: vicende valetudinarie, e fenomeni morbosi che ne sembrano pure ricevere la più plausibile spiegazione riferendoli all' influsso dell' elettrico atmosferico temporalesco, pel quale resta più o meno commosso ed agitato l' elettricismo nerveo-musculare; s' aggiunge che le scariche fulminee, pel solo trascorrere in vicinanza del corpo umano, riescono talora a promuoverne siffatta commozione e distrazione elettrica, attraendo da un lato, e ripulsando dall' altro l' elettricismo necessario alla vita, fino a disperderlo e spegnerlo con subita morte, senza la minima traccia di immediata invasione del fulmine sull' uomo reso così cadavere.

49. E già come le cariche elettriche mediante le loro

atmosfere operose, attraverso i mezzi coibenti, riescono sui tessuti nerveo-musculari ad indurne e commuoverne l' elettricismo, fino alla produzione delle contrazioni, così le relative scariche svolgono attorno le vie che percorrono un' atmosfera loro própria, che quanto più prossima ai nervi, tanto più vale a suscitare le contrazioni dei corrispondenti musculi. Infatti un conduttore metallico del diametro di alcune linee si disponga in guisa che per l' un suo estremo sia in vicinanza di una ordinaria macchina elettrica, e, prolungato ed isolato alquante braccia lungi dalla macchina stessa, resti per l'altro estremo in comunicazione col suolo; quindi una rana galvanica isolata su piano coibente si collochi prossima, e in direzione normale o parallela, col suo tronco vertebrale e i suoi arti, all' estremo del conduttore comunicante col suolo; nel quale stato di cose, tratta una scarica dalla macchina sul conduttore predetto, l' elettrico trascorrendo a lato della rana ne induce l' elettricismo, fino alla produzione delle contrazioni. Per tal modo si riscontra che la scarica quanto più intensa, tanto più svolge, lungo e attorno il suo cammino, un' atmosfera elettrica influente sui tessuti nerveo-musculari a commuoverne il loro elettricismo, e così a suscitarne le contrazioni: foggia di elettricismo indotto, su quei tessuti, ed altresì nei circostanti mezzi coibenti, cooperante l' uno e l' altro allo stesso effetto elettro-fisiologico; però fra tale cooperazione l' elettrico proprio dei nervi e dei musculi interviene sempre, qualunque sieno, e comunque disposti i mezzi coibenti, a promuovere gli stessi effetti elettro-fisiologici delle contrazioni.

50. Dietro simili procedimenti anche la scarica della bottiglia di Leida, nel percorrere un conduttore disposto a fianco della rana galvanica isolata, riesce a indurne le contrazioni. A tale oggetto necessita che lo scaricatore della bottiglia offra siffatto corso all' elettrico da risultarne attorno il medesimo una tensione, colla relativa atmosfera, capace di investire i prossimi nervi, fino a suscitare le contrazioni dei corrispondenti musculi: così è che, ove lo scaricatore sia per l' un suo estremo ristretto quale sottile filo di metallo, e per l' altro ampio quale cilindro parimenti metallico di alcune linee di diametro, comunque isolato ossia cinto da tubo di vetro, poggiando

sulla esterna superficie di simile tubo il tronco vertebrale di una rana fresca e vigorosa, all' atto della scarica i muscoli della rana medesima restano provocati a contrazione; ove poi lo scaricatore metallico sia tutto di pari diametro si riscontra che, vestendone un tratto con tessuto inumidito, e simile parte chiusa entro tubo di vetro, quindi applicando all' esterna superficie del tubo il tronco vertebrale della rana, anche in tal modo all' atto della scarica restano indotte le contrazioni dell' animale; inoltre adattando entro un tratto del tubo di vetro un rotolo di tessuto inumidito o di muscolo, e sulla esterna superficie vitrea corrispondente all' interno ripieno collocando il tronco vertebrale della rana, si promuovono nell' atto della scarica elettrica diretta con due fili metallici entro il tubo, attraverso il rotolo umido o organico, le contrazioni della rana stessa. Per le quali cose scorgesi che la scarica della bottiglia di Leida nel percorrere siffatti conduttori, che, o per la forma o per l' indole loro, contrappongono qualche resistenza al corso elettrico, svolge attorno i medesimi una tensione, con relativa atmosfera, la quale risulta capace, attraverso i mezzi coibenti, di investire i nervi della rana galvanica, fino ad occasionare le contrazioni dei loro musculi: foggie di procedimenti i quali ognor più addimostrano, nei tessuti nerveo-musculari, la capacità alle commozioni delle atmosfere elettriche, cogli effetti fisiologici loro proprj; quindi poi si è guidati a riconoscere, in quelli, una particolare inducibilità elettro-fisiologica, come si ravvisa nei corpi conduttori e coibenti una particolare inducibilità elettro-fisica.

51. Eziandio le correnti elettriche continue valgono, mediante le minime loro tensioni e le relative atmosfere, a svolgere nei prossimi conduttori, e perfino nei corpi isolanti, particolari correnti d' induzione, quali le volta-elettriche, le magneto-elettriche, e quelle manifestate altresì dai fenomeni del magnetismo in moto o di rotazione. Però un filo metallico tragittato da una corrente elettrica, comunque intensa e comunque diretta a brevissima distanza lungo o attorno i nervi o i musculi della rana, non riesce a svolgerne l' elettricismo fino alla produzione delle contrazioni, nè ad offrirne riscontri di indotto corso nerveo-musculare al galvanometro; ma la

accennata corrente quanto risulta, nel detto modo, inetta ai fenomeni elettro-fisiologici in discorso, altrettanto poi condotta direttamente entro i tessuti organici addiviene capace di que' fenomeni, con tali vicende che guidano a riconoscere svolta dalla medesima una particolare foggia di elettricismo d'induzione. Già ormai la fisica ne ha dimostrato che come le scariche così le correnti operano una successiva induzione dell' elettricità naturale delle vie che percorrono, e dei conduttori comunicanti colle medesime. Quindi la corrente elettrica nell' invadere le fibre nervee e musculari ne induce il loro elettricismo con particolari vicende proprie di simile magistero fisiologico delle contrazioni. S' aggiunge che la corrente stessa, a seconda della disposizione e conducibilità delle fibre nervee e musculari, s' avvia lungo le diramazioni delle une in direzione trasversale alle altre, e con velocità maggiore in quelle che in queste, d' onde il più intimo procedimento elettro-fisiologico occasionante le contrazioni. Frattanto proseguendo la corrente a invadere gli stessi tessuti nerveo-musculari, ben presto si equilibra in ogni ordine di fibre l' elettricismo, così condotto come indotto, cessando perciò lo stato di contrazione, e conseguendone quello del rilassamento: nel quale stato di cose anzi l' elettrico si trattiene ed accumula entro i tessuti rilassati, con tendenza al riflusso, a maniera di istantanea corrente inversa; tendenza tanto maggiore, ed ognor più infrenata, quanto più sia intenso e persistente il condotto elettrico. Laonde avviene appunto che, nel momento del cessare l' azione della corrente continuata, l' elettrico trattenuto ed accumulato entro i tessuti nervei resta libero a svolgersi con sufficiente efficacia per riprodurre le contrazioni; svolgimento che, compiendosi lungo i nervi, e in direzione inversa alla primitiva corrente, opera còn analogo magistero di questa, riproducendo le contrazioni dei corripondenti musculi. Invero tali contrazioni si appresentano con tutti i caratteri di quelle promosse dalle correnti elettriche invertite sugli stessi organi; e mentre lungo i nervi compiesi siffatto magistero elettro-fisiologico, per quanto almeno ne è dato finora conoscere, d' altra parte lungo le fibre musculari si svolgono le polarità secondarie, esse pure cooperanti alla

efficacia delle correnti invertite sui musculi nel promuoverne le contrazioni.

52. Stanti le discorse facoltà dei predetti tessuti organici, ne risulta la efficacia delle azioni tanto elettro-positive, quanto elettro-negative, applicate e dirette su quei tessuti, per occasionarne e promuoverne le contrazioni. In ordine alla quale materia si è condotti a riguardare le azioni o di scarica o di corrente elettrica, operose sui nervi e sui musculi preparati alla galvanica, nei vari periodi del loro vigore fisiologico, dal massimo al minimo, colle relative leggi e vicende elettro-fisiologiche. Per tali indagini si verifica ognora, qual legge primaria, che le azioni elettriche, nel pieno vigore organico-vitale, dirette sui nervi o verso l' asse cerebro-spinale, o verso i muscoli, valgono in ogni caso a promuovere le contrazioni; e, qual legge secondaria, che le azioni stesse applicate nello stato di infralimento fisiologico-vitale, riescono piuttosto, se dirette o verso l' asse cerebro spinale, o verso i muscoli, a particolari relativi effetti elettro-fisiologici. Leggi che, disaminate eziandio in tutta la loro estensione, offrono pure diverse vicende, attinentisi al vario modo di preparazione dei tessuti organici, e di disposizione dei circostanti conduttori elettrici, ed altresì al diverso rapporto tra l' intensità della esterna applicata azione elettrica, e quella dell' intrinseco elettricismo nerveo-musculare.

53. Le azioni elettriche siano positive o negative, siano di scarica o di corrente, qualora invadono i tessuti organici costituiti nel naturale stato, e in tutta la pienezza di loro facoltà elettro-fisiologiche, comunque applicate e dirette sui nervi e i muscoli, occasionano e promuovono in ogni caso le contrazioni. E per verità la rana galvanica della più recente preparazione, nell' atto che si investe di una repentina carica, sia elettro-positiva, sia elettro-negativa, ovvero che si discarica di simile elettricismo, mediante corpo metallico applicato ai suoi nervi lombari o crurali, in ognuno di tali casi offre le contrazioni dei muscoli. Così è che isolata la rana su piano coibente, o appesa a filo di seta col tronco spinale pensile, ed applicata al tronco stesso l' armatura carica ed isolata, o elettro-positiva o elettro-negativa, di una bottiglia di Leida, ne

conseguono ognora le contrazioni musculari. Che se si ripetonó successivamente tali applicazioni della stessa carica ai tessuti medesimi, questi ben presto restano investiti della relativa elettricità in tensione senza corso, cessando così le contrazioni, quali si riproducono discaricando l' accumulato elettrico col toccare i nervi mediante punta metallica. Ma ove al tronco spinale si applichi alternativamente la carica, or dell' armatura elettro-positiva, or dell' elettro-negativa, si producono ad ognuna di simili inversioni le stesse contrazioni, finchè l' animale resta fresco e vigoroso. Nel quale stato di cose riscontrasi altresì che, comunque si dirigano le scariche elettriche, o dal tronco spinale ai cordoni nervosi, o da questi a quello, ovvero dai nervi ai muscoli o dagli uni agli altri, ne conseguono ognora gli stessi fenomeni di contrazioni. Quindi applicate due striscie di piombo, per l' un loro estremo al tronco spinale e ai cordoni nervosi, o a questi e ai muscoli, e per l' altro estremo applicate alle opposte armature cariche della bottiglia, si riscontra che la conseguente scarica, comunque proceda lungo i nervi, scorrendo elettro-positiva o verso i muscoli, o verso il tronco spinale, ne risultano in ogni caso gli stessi effetti di contrazioni: di pari guisa le correnti voltaiche, comunque rivolte sui tessuti nerveo-musculari, ben freschi e vigorosi, riescono a promuovere le contrazioni, tanto nell' atto del chiudere, quanto in quello dell' aprire il circuito elettromotore. E come dietro le ripetute successive scariche omologhe su quei tessuti vengono meno le contrazioni, riproducendosi poi col surrogarvi immediatamente le scariche opposte, così le correnti voltaiche continuate per lo stesso verso addivengono impotenti a promuoverne le contrazioni, quali riproduconsi pure coll' invertire le stesse correnti sui tessuti medesimi. Di tal guisa riscontrasi che tanto le scariche momentanee, quanto le correnti continue, ripetutamente e di seguito dirette pel medesimo verso sui tessuti nerveo-musculari, addivenute inette a promuoverne le contrazioni, basta inverterle davvero sui tessuti stessi per ritornare efficaci a simili effetti: mirabile magistero elettro-fisiologico che se non fu abbastanza avvertito in ordine alle semplici scariche elettriche, lo fu in ordine alle correnti proprie degli elettromotori voltaici,

ed anzi esposto colla dottrina delle così dette alternative voltiane. Ma fatto è che, dietro gli accennati procedimenti elettro-fisiologici, si riconosce qual legge primaria che i tessuti nerveo-musculari, finchè serbano il naturale stato colla pienezza delle loro facoltà organico-vitali, comunque percorsi o attraversati dalle scariche o correnti elettriche, riescono in ogni caso capaci delle contrazioni; capacità che si riconferma tanto meglio, quanto più le applicate azioni elettriche sono di una intensità superiore a quella dell' elettricismo nerveo-musculure; il quale, mercè appunto le minime scariche o correnti applicate lungo i nervi e i muscoli, si appalesa con particolari vicende elettro-fisiologiche. E per verità riscontrasi che le tenui scariche della bottiglia di Leida con tensione insensibile eziandio al più squisito elettrometro, e le minime correnti idrometalliche appena indicate dal galvanometro più sensibile, dirette in via elettro-positiva sulla rana galvanica dai muscoli ai nervi, ben freschi e vigorosi, o sul nervo crurale verso l' asse cerebro-spinale del coniglio vivo, risultano più efficaci, di quello che rivolte inversamente, a promuovere le contrazioni. Maniera di efficacia contraddetta dal Volta, in ordine alle tenui scariche della bottiglia, perchè applicate alla rana scaduta dal naturale suo massimo vigore, ma additata dal Nobili colle minime correnti elettriche dirette sulla rana stessa costituita nella maggiore sua vigoria nerveo-musculare. Così è infatti che, in tale stato di cose, le accennate correnti avviate dai muscoli ai nervi, e all' un tempo lungo il galvanometro, valgono a promuovere le contrazioni musculari, e le indicazioni galvanometriche assai più vigorose e cospicue di quelle che ottengonsi per simile corso elettrico rivolto dai nervi ai muscoli: maniere di procedimenti e di vicende che ne guidano a riconoscere nei tessuti in discorso un elettricismo intrinseco tutto loro proprio, procedente positivamente dai musculi ai nervi, e così favoreggiante le accennate vicende elettro-fisiologiche.

54. Che se si riguardano le azioni elettriche operose sugli stessi tessuti nerveo-musculari scaduti dal naturale loro vigore, si ravvisa di leggieri la legge secondaria per la quale le predette azioni, a seconda che dirette o dai nervi ai musculi, o da

questi a quelli, riescono a varj effetti di contrazioni. A tale oggetto si prepari la rana galvanica coi suoi arti addominali nudati, o vestiti di cute, ma divisi pel sommo delle coscie in modo che ciascuno resti unito, mediante il solo rispettivo nervo lombare, al tronco vertebrale; la rana così preparata si disponga su piano coibente co' suoi arti, e corrispondenti nervi, divaricati in guisa da avviare una scarica o corrente elettrica dall'uno all'altro arto lungo i nervi stessi: per tal modo la scarica o corrente procede nell'un arto dai musculi ai nervi, e nell' altro da questi a quelli. Or bene si riscontra che le scariche della bottiglia di Leida promuovono, in sulle prime, le contrazioni tanto nell' un arto, cui s'applica la carica elettro-positiva, quanto nell' altro, cui viene applicata la carica elettro-negativa. Ma col seguito di simili applicazioni ripetute e successive, eziandio mediante i residui di carica della stessa bottiglia, avviene che le contrazioni si producono solo nell' arto lungo il quale la scarica procede elettro-positiva dai nervi ai musculi, e talor anche solo nell'arto percorso dalla stessa scarica in senso inverso: singolari vicende riferibili alla spossata forza nerveo-musculare, e alla infralita capacità elettro-fisiologica, or più nell'uno, or più nell' altro arto, a seconda di varie circostanze degne del più attento studio. Frattanto giova in proposito il considerare che se sulla rana di pari guisa preparata si applica, in consimil modo, una corrente voltaica, attiva piuttosto per copia di quello che per tensione elettrica, si ravvisano analoghi fenomeni. Invero siffatta corrente diretta dall' uno all' altro arto, in sulle prime eccita le contrazioni, in ambidue, così al chiudere come all' aprire il circuito; poi ne conseguono, nell' arto percorso dalla corrente diretta elettro-positiva dai nervi ai muscoli, le contrazioni solo al chiudere, nell' altro viceversa; e per ultimo si osservano le contrazioni prodursi unicamente nell' arto percorso dalla corrente rivolta elettro-positiva dai musculi ai nervi. Stanti le quali risultanze di fatto si ravvisa nella corrente elettro-positiva, diretta dai nervi ai musculi, la efficacia di spossare e di infralire la forza nerveo-musculare, e la relativa capacità elettro-fisiologica, più rapidamente di quello che sia proprio della stessa corrente inversa. E per vero la rana galvanica,

alquanto scaduta o infralita in guisa che le correnti elettro-positive, dirette lungo i nervi verso i muscoli, riescono solo al-l' atto del chindere il circuito a promuovere le contrazioni, offre simili contrazioni declinanti rapidamente ad ogni chindimento di circolo, dileguandosi così ben presto all' intutto gli atti contrattivi; mentre che la rana stessa nell' offrire, pel corso della corrente elettro-positiva dai muscoli ai nervi, le contrazioni solo all'atto di aprire il circuito, presenta tali contrazioni avvalorate dietro i primi aprimenti del circolo, declinando poi gradatamente dietro gli stessi iterati e reiterati aprimenti di circnito. Però riscontrasi all' un tempo che la corrente elettro-positiva diretta dai nervi ai muscoli quanto rapidamente ne spossa e infralisce la loro forza fisiologica, altrettanto presto, mediante la sospensione o il riposo del corso elettrico, risorge la capacità alle contrazioni; a differenza della stessa corrente inversa, la qnale, come assai meno rapidamente spossa e infralisce, così richiede più lunga la sna sospensione e il riposo concedntо ai tessuti nerveo-musculari per ritornare efficace alle contrazioni. Vicende tutte le quali ognor più ne guidano a riconoscere nei tessuti in discorso nn elettricismo loro proprio, e procedente positivamente dai muscoli ai nervi. Così è che la corrente voltaica diretta elettro-positiva dai nervi ai muscoli, ossia a ritroso dell'intrinseco elettricismo loro proprio, addiviene presto inefficace a suscitare le contrazioni al chiudere il circuito, e che la stessa corrente diretta dai musculi ai nervi, ossia pel verso stesso del loro elettricismo, persevera più a lungo ad occasionare le contrazioni all' aprire il circuito. Stante il quale conflitto o cooperazione tra l' elettricismo organico intrinseco, e l' estrinseco applicato, ne consegue pure che nel caso della corrente diretta dai nervi ai musculi lo spossamento o infralimento nerveo-mnsculare risorge, pel riposo, assai più presto che nel caso inverso.

55. E in ordine alla discorsa efficacia delle scariche e delle correnti elettriche sui tessuti nerveo-musculari, si riscontra eziandio che, stanti particolari disposizioni dei tessuti stessi, e dei corpi conduttori loro applicati, ne conseguono speciali vicende di contrazioni, appnnto meritevoli di essere qui avvertite.

E per verità qualora la rana sia preparata in guisa che la sua colonna vertebrale resti coi nervi e i muscoli lombari nella naturale continuità cogli arti addominali, avviene che le azioni elettro-negative applicate a quei nervi, mediante conduttore metallico, riescono più efficaci delle elettro-positive, nell' occasionare e promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli. Infatti sulla rana per tal modo preparata ed isolata applicando, mediante striscia di piombo ripiegata attorno li nervi lombari, la armatura elettro-negativa della bottiglia di Leida, si producono contrazioni assai più vigorose di quelle che si ottengono con simile applicazione dell' armatura elettro-positiva. Anzi continuando in simili prove si ravvisano le contrazioni venir meno gradatamente, svolgendosi però all' azione della carica elettro-negativa, mentre difettano all' intutto a quella dell' elettro-positiva: singolari fenomeni riferibili all' elettricismo indotto sul conduttore metallico, e per esso sul contiguo tessuto muscolare, cosicchè all' avvicinare la carica elettro-negativa della bottiglia al metallo svolgesi l' elettrico positivo di questó, e del prossimo tessuto organico, che invadendo immediatamente i nervi crurali promuove le contrazioni dei corrispondenti muscoli. E nella rana pure similmente preparata, cioè colla colonna vertebrale, i nervi, e i muscoli lombari continuati cogli arti addominali, le correnti voltaiche dirette elettro-positive dai musculi degli arti ai rispettivi nervi riescono a promuovere le maggiori contrazioni tanto nell' atto del chiudere, quanto in quello dell' aprire il circuito elettromotore; anzi in tale stato di cose le correnti stesse dispiegano simili effetti, anche quando, rivolte inversamente dai nervi crurali ai muscoli degli arti, producono le contrazioni piuttosto nell' atto del chiudere, che in quello dell' aprire il circolo elettrico: maniere di vicende in proposito delle quali il Marianini avvertiva il facile rivolgersi delle correnti elettriche, per acconcie vie conduttrici tra nervi e muscoli, nel verso più favorevole agli effetti elettro-fisiologici delle contrazioni, e il P. Pianciani inoltre era guidato a riconoscere in siffatti fenomeni uno speciale procedimento di induzione elettro-fisiologica (*Marianini*, *Memoria sopra le contrazioni musculari*, *ed alcune sensazioni prodotte dalle correnti*

elettriche, Padova 1834. — *Pianciani, Saggio d' applicazione del principio dell' induzione elettro-dinamica ai fenomeni elettro-fisiologici, Memorie della Società Italiana, tomo XXII, Parte Fisica, Modena* 1839).

56. Per tutte le quali cose si conchiude che i tessuti nerveo-musculari, stante la loro struttura organica e forza fisiologica, investiti da esteriori azioni elettriche di scarica o di corrente, le prestano un particolare corso, con induzione speciale dell' elettricismo loro proprio, compiendosi all' un tempo sui nervi l' accumulamento sino al riflusso elettrico, e sui muscoli le polarità secondarie fino alla corrente inversa. E le stesse azioni elettriche disaminate in ogni possibile estensione, riguardo alla loro efficacia nell' occasionare e promuovere le contrazioni, ne conducono ognora a riconoscere le discorse due leggi elettro-fisiologiche, cioè la primaria, per la quale le scariche o correnti operose sui tessuti organici costituiti nel naturale loro vigore fisiologico, comunque dirette sui nervi, valgono a promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli, e la secondaria, per la quale i tessuti medesimi scaduti o infraliti da quel naturale loro vigore esigono uno speciale corso elettrico per gli effetti delle contrazioni. Leggi e vicende che si riconoscono attenersi a un particolare elettricismo dei tessuti nerveo-musculari, attivissimo in concorso della azione fisiologica propria dei nervi e dei musculi, e rannodato arcanamente a quella azione tutta propria degli esseri organizzati e viventi. Mirabilissimo magistero elettro-fisiologico nel quale resta quindi ignota l' intima attinenza fra l' azione elettrica condotta e indotta, accumulata e svolta nella compage dei nervi e dei muscoli, e la promossa azione organico-vitale dei nervi e dei muscoli stessi, reggitrice suprema degli effetti e delle vicende delle contrazioni. Il perchè, in simile funzione, l' elettricismo quanto si riconosce il più attivo e valido agente estrinseco e intrinseco dei tessuti nerveo-musculari, per occasionarne e promuoverne le contrazioni, altrettanto si appresenta lungi ancora dall' offrire in esso il primo elemento e la molla intima dell' azione nervea, e della contrazione musculare. Laonde, nello stato attuale dell' Elettro-fisiologia, l' elettrico stesso resta caratterizzato come potentissimo mezzo di

operare quale stimolo esterno e interno dei tessuti in discorso, eccitandone le contrazioni colle più mirabili vicende. Già il Galvani medesimo ne additò simili conclusioni quali or torna appunto in acconcio riferire colle stesse parole di lui: *ex captis itaque experimentis eruitur celerem vehementemque nerveo-electrici fluidi excursum per musculum ad nervum illum esse, quo maxime musculares contractiones ac motus excitantur. Qua vero ratione hujusmodi electricitatis excursus contractiones inducat, utrum ex. gr. mechanica quadam irritatione, ac stimulo, aut nervos, aut musculorum fibram percellendo, ejusdemque ut ajunt irritabilitatem excitando, an more et ingenio communis vaporis electrici peculiarem vehementemque attractionem inter particulas ex. gr. muscularem fibram componentes celerrimo suo per eamdem excursu inducendo, ut propius illis ad se mutuo accedentibus reddatur fibra brevior, an alia, ut proclivius est videre, nondum cognita ratione agat, scitu perdifficilis nimis res est, atque tenebris nimis obvoluta* (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto ec. pag.* 87, *Opere ec, pag.* 110, 250, *ec,*).

ARTICOLO QUARTO

Circuiti galvanici instituiti sui tessuti nerveo-musculari della rana con isviluppo dai tessuti stessi di una corrente elettrica, manifestata da particolari riscontri elettro-fisiologici di contrazioni musculari, ed elettro-fisici di indicazioni galvanometriche.

57. Inteso ognora il Galvani ad osservare e a sperimentare l'elettricismo di qualsiasi origine artificiale o naturale, operoso ed influente sui tessuti nerveo-musculari, muniti o armati di opportuni conduttori elettrici, pervenne a discoprire e a dimostrare che, mediante simili conduttori in contatto e ad arco su quei tessuti, si occasionano le più singolari vicende di contrazioni. Dietro le quali splendidissime vie d'osservazione e d'esperienza osservò e sperimentò, colla più meditata sagacia, ogni varietà di siffatti archi, or metallici eterogenei o omogenei, or di carbone ben acconcio, or umidi inorganici o organici, applicati d'ogni maniera sui nervi e sui muscoli, riscontrandoli tutti più o meno efficaci alle notate vicende delle contrazioni. Quindi riguardò la attività ed efficacia di simili archi come opportuna ed acconcia per isvolgere e spingere a scarica e a circolo un particolare elettricismo originario e proprio dei tessuti nerveo-musculari, e di tal guisa operoso ed influente nell'occasionare e promuovere la contrazione, e il rilassamento loro. Per le quali maniere di osservazioni, e di esperienze, di indagini e di ricerche sagacissime, intese eziandio con archi, or metallici o idrometallici, or umidi o organici, ad equilibrare o ad escludere la forza elettromotrice, che, discoperta, gli veniva accampata contro dal Volta come propria

degli archi stessi, ed efficacissima ai fenomeni elettro-fisiologici delle contrazioni (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 332 *ec.*). E già alla perfine, dietro li discoprimenti medesimi del Galvani e del Volta, pervenuta la scienza a riconoscere e a scandagliare le correnti elettriche di qualsiasi origine, col mirabile magistero del Galvanometro moltiplicatore, restò anche per tal modo raggiunto l'estremo intendimento galvanico di addimostrare appunto, mediante archi metallici o idrometallici omogenei, disposti in contatto dei tessuti organici, esclusa la forza elettromotrice voltaica, e così procedente dai tessuti nerveo-musculari una particolare corrente elettrica, manifestata dalle contrazioni musculari, e dalle indicazioni galvanometriche: foggie di argomenti che necessita disaminare, parte a parte, in ordine così agli archi metallici, o eterogenei o omogenei, come agli umidi, o inorganici o organici, applicati ed instituiti o sui soli nervi, o sui soli muscoli, o sugli uni e gli altri all' un tempo, cogli effetti e le vicende delle relative correnti elettriche, appalesate dai riscontri elettro-fisiologici delle contrazioni ed elettro-fisici delle indicazioni galvanometriche,

58. Con accorgimento perspicacissimo il Galvani di buon'ora additò che applicato un arco metallico eterogeneo o sui soli nervi crurali, o sui soli muscoli, o sugli uni e gli altri all'un tempo, ne risultano i circuiti più attivi ed efficaci nell' occasionare varj fenomeni e diverse vicende di contrazioni convulsive (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 113, 114, 131, 259, 260, 339, 347, 368, 498). Per tal guisa, in sì fatti circuiti, mentre egli riguardò l' elettrico come procedente dai tessuti organici, ed anzi dalla sostanza nervea o intima musculare, e rivolto, attraverso l' arco, all' esterno dei musculi, offrì al Volta li primi fatti ed argomenti per dimostrare un particolare elettricismo svolto dal contatto dei metalli eterogenei con iscariche e correnti dirette sui nervi, e promovitrici delle contrazioni musculari. Nel quale proposito s'addice poi l' avvertire che, in simili circuiti, l' arco, qualunque siasi, e comunque applicato o ai soli nervi, o ai soli muscoli, o agli uni e agli altri all' un tempo, riesce in ogni caso, per analogo circolo elettrico promosso entro li tessuti

nerveo-musculari, efficace alle contrazioni così simpatiche, come idiopatiche. E li circuiti stessi, disaminati pure in ordine galvanico e voltaico, ne guidano ognora a riconoscere un elettricismo intrinseco o proprio dei tessuti organici, ed altro procedente dall' arco metallico, che, a seconda del loro corso, per lo stesso verso o per versi opposti, si sommano o si elidono , ovvero, a norma della varia relativa loro intensità, l' uno prevale all' altro, come si ravvisa mercè i riscontri delle contrazioni musculari, e delle indicazioni galvanometriche. Ai quali oggetti necessita, per l' una parte, che l' animale sia in tutta la facoltà elettro-fisiologica sua propria, e che, per l' altra parte, l' arco metallico sia di una relativa comparabile facoltà elettromotrice, ottenendo così i più possibili precisi riscontri o di addizione, o di equilibrio, o di prevalenza tra la corrente galvanica e la voltaica.

59. Già il Galvani, applicando sui nervi e sui muscoli le armature e gli archi metallici eterogenei, addusse particolari osservazioni, dalle quali si raccoglie che la varia posizione del metallo più ossidabile, ossia elettro-positivo, a fronte dell' elettro-negativo, risulta più o meno efficace per gli effetti elettro-fisiologici delle contrazioni. Egli infatti avvertì, specialmente negli animali a sangue caldo, o vivi o recentissimamente spenti, che applicando l'armatura di foglia di ottone ai muscoli crurali, e quella di stagno al nervo corrispondente, ne risultano le convulsioni più vigorose e pronte di quelle che riescono per l' inversa applicazione. Invero nel primo caso, stante l' ottone elettro-positivo apposto sui muscoli, e lo stagno elettro-negativo apposto sui nervi, si combinano per la stessa direzione il corso dell' elettricismo idro-metallico e del musculare-nervoso, mentre nel caso inverso l' uno e l' altro elettricismo procedono in direzioni opposte, con minore o nullo effetto di contrazioni. D' altra parte il Galvani medesimo riscontrò, specialmente sulla rana spossata, le convulsioni più forti e durevoli nell' arto il di cui nervo sia armato di zinco o stagno, a fronte dell' altro arto armato d' oro o d' argento, ossia qualora, per l' infralimento nerveo-musculare, la corrente elettro-positiva di siffatto arco procede dai nervi verso i muscoli (*Collezione delle Opere del Galvani ec. Rapporto*

ec. pag. 66 *ec.* — *Opere ec. pag.* 79, 167, 175, 228, 295, 347). E in fatti se sulla rana di recente preparata, e capace di offrire, mediante il pretto suo circuito nerveo-musculare, le contrazioni, si applica una mite corrente, che appena segnata dal galvanometro proceda elettropositiva dai muscoli ai nervi, si riscontrano occasionate, specialmente all' atto del suo avviarsi, le contrazioni assai maggiori di quelle promosse dall' inverso procedimento della corrente medesima; ma la rana cominciando subito a scadere dalla sua forza nerveo-musculare, e così dalla relativa facoltà elettro-fisiologica, ed appena addivenuta impassibile al pretto suo circuito, in tale stato la suddetta corrente, all' uopo anche rinforzata, comunque proceda elettro-positiva o dai muscoli ai nervi, o da questi a quelli, occasiona e promuove le contrazioni con pari vigore e vicende: per le quali osservazioni scorgesi che li tessuti nerveo-musculari quanto più capaci, al pretto loro circuito organico, dei fenomeni contrattivi, tanto più appalesano la efficacia combinata del loro intrinseco elettricismo coll' estrinseco applicato nel promuoverne le contrazioni. Allo scadere poi e infralirsi vie più la forza nerveo-musculare, occorrendo eziandio maggiori correnti elettriche a indurla a reazione, si osserva una speciale efficacia di simili correnti, le quali, procedendo elettro-positive lungo i nervi verso i muscoli, promuovono le contrazioni solo all' atto del chiudere il circuito elettromotore, e viceversa, procedendo dai muscoli verso i nervi, occasionano le contrazioni stesse solo all' atto dell' aprire il circuito medesimo; nel quale stato di cose si ravvisa inoltre che le correnti elettro-positive dirette dai muscoli ai nervi riescono più a lungo efficaci, di quello che nell' inversa direzione, a promuovere le corrispondenti contrazioni musculari: lo che pure addimostra che i tessuti organici, anche infraliti, serbano a dilungo la capacità ad un particolare elettricismo intrinseco, ritenendo perciò quello applicato loro, mediante l'estrinseca corrente, fino al riflusso, con effetto delle contrazioni. Intrinseco elettricismo nerveo-musculare che si riconosce con procedimento elettro-positivo dai muscoli verso i tronchi nervosi, come lo riconfermano appunto le or notate vicende elettro-fisiologiche, così è in fatti che, nel caso della maggiore vigoria

dei nervi e dei muscoli, il loro elettricismo intrinseco si appalesa rinforzato, mercè l' estrinseco diretto a corso elettropositivo dai muscoli ai nervi, coi maggiori effetti delle contrazioni; d' altra parte, nel caso della scaduta forza nerveomusculare, si scorge che il residuo intrinseco elettricismo si giova pure dell' estrinseco elettro-positivo diretto dai muscoli ai nervi, rinforzandosi e comulandosi fino al riflusso, con effetto delle contrazioni, al rapido cessare dell' applicata corrente.

60. Però il Volta, fin dalle prime osservazioni ed esperienze galvaniche, fattosi a scandagliare le minime azioni elettriche valevoli a promuovere le contrazioni musculari, avvertiva che le scariche, a corso elettro-positivo diretto dai nervi ai muscoli, riescono più efficaci delle scariche stesse inverse, ossia elettro-positive dai muscoli ai nervi, nel promuovere le contrazioni musculari: quindi assicurava che caricata una bottiglia di Leydeu, e scaricata sul nervo e corrispondente muscolo della rana, se la parte della boccetta che toccava il nervo era l' elettro-positiva, bastava a produrre le convulsioni una carica di 5 o 6 centesimi di grado del suo elettrometro a pagliette sottili, e che, all' incontro, se toccava il muscolo colla parte elettro-positiva della boccetta, e al nervo corrispondeva la elettro-negativa, non bastavano 20, 25, 30 centesimi di grado, dello stesso elettrometro, a produrre le dette convulsioni; perciò dichiarava che, esistendo pure un elettricismo intrinseco nerveo-musculare, egli era a riguardarsi elettro-positivo dalla parte dei muscoli, ed elettro-negativo da quella dei nervi (*Collezione delle Opere del Volta tomo II, parte I, pag.* 9, 40, 78, 221, *ec.*). Se non che il Volta stesso, nel seguito delle sue esperienze, riconobbe che sulla rana fresca e vigorosa comunque applicati, e disposti gli archi metallici elettromotori, essi valgono, in ogni caso del loro elettrico rivolto o dai nervi ai muscoli, o da questi a quelli, a provocarne le contrazioni; e che solo nella rana meno fresca e vigorosa si riscontra la accennata speciale efficacia del corso elettro-positivo, proprio degli archi metallici, e diretto dai nervi ai muscoli, per eccitarne le convulsioni. Anzi avvertì che sulla rana, dopo avere per l' azione d' un arco di

argento o stagno ottenute le contrazioni d'ogni maniera, sino a rimanere infralita, ne consegue che applicando poi lo stagno elettro-positivo al tronco spinale o ai nervi crurali, e l'argento elettro-negativo ai musculi, si producono, al chiudere, non all'aprire il circuito, le contrazioni; e che viceversa applicando lo stagno ai nervi, l'argento ai muscoli, producónsi, piuttosto all'aprire, che al chiudere, le convulsioni stesse; s'aggiunge che egli intese a determinare, mercè simili effetti delle contrazioni, il corso elettro-positivo negli archi metallici interposti fra i nervi motori e i musculi corrispondenti, e mercè il senso del gusto acidulo, promosso sulla punta della lingua, la corrente elettro-positiva rivolta dalle estremità ai rami nervosi (*Collezione delle Opere del Volta*, *tomo II*, *par. I*, *pag.* 94, 115, 158, 163, 182, 193, 198, 207, *parte II*, *pag.* 5, 18, 31, 42, 43, 47, 84 121. *Lettera all' Aldini ec. Annali di Chimica ec. tomo XVI pag.* 65 *(nota)*, *Pavia* 1798). Laonde dalle stesse osservazioni ed esperienze del Volta si riconosce che i tessuti nerveo-musculari quanto più freschi e vigorosi, tanto meglio producóno, qualunque sia il corso elettrico, le contrazioni; e che, allo scadere o infralire della naturale loro freschezza o vigoria fisiologica, cominciano a manifestare la speciale efficacia delle correnti elettro-positive dirette dai nervi ai muscoli, e viceversa: speciale efficacia che è poi singolare il rinvenire avvertita dal Volta mercè le tenui scariche o correnti della bottiglia di Leida, e degli archi galvanici, e non mediante il suo elettromotore composto, che di tante guise applicò alla osservazione dei relativi fenomeni elettro-fisiologici. Così è infatti che, dietro simili applicazioni alle rane, agli animali, all'uomo, non accennò più la differenza nella produzione delle contrazioni a norma del vario andamento della scarica o corrente elettro-positiva, rimarcando piuttosto la sensazione maggiore tattile alla parte ove si applica il conduttore negativo (*Collezione delle Opere del Volta ec.*, *tomo II*, *parte II*, *pag.* 120, 213). Ma alla perfine il Nobili, nello scandagliare le vicende elettro-fisiologiche, e galvanometriche della rana, addusse varj risultamenti di fatto, per li quali addimostrò, nella rana stessa, la corrente sua propria diretta dai musculi ai nervi,

che si rinforza o elide, combinandosi per lo stesso verso o pel verso opposto, con un' altra corrente di eguale intensità. Per tal guisa riconobbe che nella rana fresca e vigorosa facendo passare una corrente debolissima dai muscoli ai nervi, cospirante colla propria dei tessuti organici, ne risultano le contrazioni più vigorose di quelle che occorrono per la inversa direzione, nel quale caso tornano deboli o nulle: anzi ei propose tale metodo sperimentale, o saggio probatorio, per determinare la direzione delle minime correnti elettriche non iscorgibili mediante il galvanometro (*Memorie ed Osservazioni ec. del Cav. L. Nobili ec. Vol. I, pag.* 73, 74, *Firenze* 1834). E il Nobili stesso, provando ad estendere l' indicato metodo su due rane contrapposte fra loro, riconobbe che in tal caso non solo si equilibrano le correnti loro proprie, ma che eziandio resta elisa l' azione elettro-fisiologica delle correnti debolissime avviate lungo le medesime: risultamento di fatto riferibile non tanto alla raddoppiata estensione del circuito, e alla relativa conducibilità venuta meno, quanto al principio galvanometrico, dimostrato dal Marianini, pel quale due correnti, comunque diseguali per copia elettrica, ma di pari tensioni, contrapposte fra loro, si bilanciano ed equilibrano. Il perchè risulta manifesto che i tessuti nerveo-musculari della rana, costituiti in tutto il vigore organico vitale loro proprio, offrono una tensione e relativa corrente elettrica che si riconosce e scandaglia mediante la contrapposizione d' altra qualsiasi corrente a pari tensione. Maniere di contrapposizioni che quanto si riscontrano palesi lungo gli accennati tessuti, altrettanto risultano di leggieri inavvertibili lungo i soli cordoni nervosi. A tal guisa il Nobili dirigendo sul solo nervo della rana galvanica debolissime correnti elettriche intese così di scandagliarle, evitandone ogni complicanza con quelle tutte proprie dei tessuti nerveo-musculari. Però necessita in proposito avvertire che, nello stato del maggior vigore organico-vitale, e d' ogni relativa capacità elettro-fisiologica, simile complicanza interviene tanto di leggieri, quanto meno isolata sia la rana; e che, eziandio nello stato d' ogni possibile isolamento dei nervi dai musculi, le minime correnti elettro-positive dirette lungo i nervi verso la loro estremità encefalica dispiegano la maggiore

efficacia elettro-fisiologica nel promuovere le contrazioni musculari: foggia di osservazione che si verifica tanto meglio, quanto più si abbia riguardo di operare sulla rana ben fresca e vigorosa, avviando, mediante due fili conduttori umidi o metallici, per un nervo crurale la corrente elettro-positiva verso l' estremità encefalica, e per l'altro nervo la stessa corrente all' opposto verso i muscoli, evitando così sui nervi medesimi le inversioni delle accennate correnti, che alterano oltremodo simili osservazioni comparative. Stanti tutte le quali cose si riconosce nei tessuti nerveo musculari un elettricismo loro proprio, che si appalesa per la sua complicanza con quello estrinseco applicato ai tessuti stessi, come lo riconfermano eziandio i riscontri galvanometrici: anzi egli è appunto mediante il galvanometro che si riscontra la corrente propria della rana; la quale, a seconda che procede o per lo stesso verso, o pel verso opposto d' altra corrente di pari intensità, si ravvisa o addoppiata, o equilibrata: mercè il quale equilibrio si è poi guidati a determinare la intensità della corrente propria della rana, come ne fia dato dichiarare nel seguito di simili argomenti.

61. E gli accennati circuiti galvanici, stante appunto la combinata intensità dell' elettricismo nerveo-musculare, e dello idrometallico, riescono, non solo pel contattu immediato, ma eziandio alla prossimità del contatto fra le parti organiche e gli estremi metallici, o fra metallo e metallo, al circolo elettrico, coi relativi fenomeni delle contrazioni musculari. Il Galvani, benchè osservasse in tali circuiti, e raccomandasse i contatti immediati fra le varie loro parti, pure ragionò i sottili strati coibenti d' aria o d' olio interposti fra tessuto e tessuto organico, fra tessuto e metallo, fra metallo e metallo, riguardando simili veli, purchè esilissimi, di leggieri vincibili dal corso elettrico nerveo-musculare. Anzi in proposito avvertì che sebbene l' elettricismo animale, tanto delle rane, quanto delle torpedini, sia di sì lieve tensione per la quale le interruzioni anche minime dei conduttori ne arrestino il corso, tuttavolta ove le dette interruzioni siano vincibili, ivi l' elettrico stesso manifestasi rinvigorito fino alla scintilla, come di tal guisa la ottenero dal ginnoto, e dalla torpedine il Walsh, e il Gardini,

Quindi poi fu tratto a derivare da siffatto rinvigorimento dell' elettrico, nel trapassare o trabalzare dai tessuti organici ai metalli, da metallo a metallo, la efficacia dei suoi archi metallici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 372, 375, 380, 382, 387, 396). E mentre lo Spallanzani aveva già notato che un velo d' olio d' oliva il quale cuopra e vesta attorno gli organi elettrici della torpedine, non impedisce la scarica elettrica, e la scossa all' uomo, l' Humboldt riferì che nelle rane fresche e vigorose l' arco metallico eterogeneo applicato per l' un suo estremo o sui muscoli o sui nervi, e coll' altro estremo addotto in prossimità fino alla distanza di 1 a 6 millimetri, od anco di mezza linea, o dei nervi o dei muscoli, ne conseguono pure le contrazioni: il perchè egli ammise attorno i tessuti nerveo-musculari una particolare atmosfera, o imponderabile o vaporosa, per la quale si compiano gli indicati fenomeni (*Memorie ec. della Società Italiana ec. tomo II, parte II, pag.* 652, *Verona* 1784. — *Expériences sur le Galvanisme etc. par F. A. Humboldt etc. pag. XXIV*, 79, 211, 216, *Paris* 1799). In fra le quali maniere di osservazioni si raccoglie alla perfine che nei circuiti galvanici le minime interruzioni di conducibilità frai tessuti organici e i metalli, o fra metalli e metalli, restano tanto meglio superate, quanto meglio si combinano per lo stesso verso l' elettricismo nerveo-musculare e l' idro-metallico. Invero quanto più trattasi di rana fresca e vigorosa, e d' arco attivamente elettromotore, e di applicazione del suo estremo elettro-positivo ai muscoli, e dell' elettro-negativo ai nervi, tanto più facile riesce eziandio alla prossimità del contatto, o anche fra un velo d' olio, di compiere il circolo elettrico colle contrazioni musculari. Così è che le gambe e le coscie della rana nudate o vestite della loro cute, oppure spalmate d' olio d' olivo, ove siano disposte sur una lamina di zinco, portando un arco d' argento coll' un estremo su tal lamina, e coll' altro sui nervi crurali, si combinano per lo stesso verso il corso dell' elettrico nerveo-musculare coll' idrometallico, fino ad ottenere le contrazioni anche alla prossimità del contatto. Maniere di procedimenti che si ottengono ben palesi interponendo fra i nervi e i muscoli un elettromotore

composto, ed applicato pel suo estremo elettro-positivo ai muscoli, per l' altro ai nervi motori, risultandone gli effetti delle contrazioni a tanto più distinta prossimità del contatto, quanto più vigorosi li tessuti organici, e maggiore la tensione dell' elettricismo idrometallico. Di tal guisa avviene pure, come già ne avvertì il Volta, che applicando il suo elettromotore convenientemente per l' una sua estremità ad una mano, mentre l' altro estremo si avvicina alla punta della lingua, risentesi anche prima del contatto la sensazione elettro-fisiologica, e specialmente quella promossa dal corso elettro-positivo diretto contro le papille nervose linguali, ossia la acidula (*Collezione delle Opere del Volta, tomo II, parte II, pag.* 124 *ec.*). Per tutte le quali cose si conchiude che gli indicati circuiti instituiti, con archi metallici i più eterogenei, sui tessuti organici ben irritabili e sensibili, dispiegano eziandio alla prossimità del contatto, ossia attraverso minime interruzioni di conducibilità elettrica, la loro efficacia elettro-fisiologica: al quale effetto si riconosce cooperare all' un tempo la intensità e la direzione per lo stesso verso dell' applicato elettricismo voltaico, e di quello proprio dei tessuti organici, specialmente costituiti in tutta la freschezza e vigoria fisiologica; dietro la quale maniera di rinforzo dell' elettricismo nerveo musculare si è alla perfine insperanziti di poter ottenere, fra le discorse interruzioni dei suoi conduttori, la scintilla dalla rana galvanica, o dalle catene o fasci di più rane, o dagli animali maggiori.

62. In oltre l' elettricismo intrinseco e proprio dei tessuti organici, e l' altro procedente dall' arco metallico eterogeneo, a seconda del loro corso per lo stesso verso, o per versi opposti, si sommano o si elidono, ovvero, a norma della varia relativa loro intensità, l' uno prevale all' altro, come si riconferma e precisa mediante i riscontri galvanometrici. Giova a tal uopo disporre la rana preparata in guisa che resti coll'una coscia priva della gamba tuffata in una tazza, e colle due gambe allacciate entro altra tazza, munite le tazze di conveniente liquido conduttore, come acqua salsa; quindi si applichino agli estremi del filo galvanometrico due laminette metalliche di modica forza elettromotrice, come l' una di platino e l' altra di argento, ovvero di rame e stagno, e compiasi il circuito

tuffandole nelle predisposte tazze: per tal modo a seconda che la corrente della rana, e quella dell'arco metallico, procedono o per lo stesso verso, o per verso opposto, osservasi notevolmente maggiore, o minore la indicazione dell' ago calamitato. Che se la rana medesima si introduce nel circuito galvanometrico mercè i vasetti di uno stesso metallo con avventizie loro eterogeneità segnate dai 10 ai 20 gradi dell'ago, avviene parimenti che, tuffando l' estremità della coscia entro il vasetto elettro-positivo, e l' estremità delle gambe entro l' altro vasetto elettro-negativo, la corrente della rana e quella dei vasetti metallici si addimostrano per versi opposti, come lo indica la diminuita, od equilibrata, o invertita declinazione dell' ago galvanometrico. Anzi giovi richiamare in proposito il principio di galvanometria tanto illustrato dal Marianini, che cioè due elettromotori idrometallici i quali per ampiezze disuguali offrono correnti differentissime, ma essendo all' un tempo di pari tensioni, contrapposti fra loro in modo che simili correnti e tensioni siano rivolte e procedano in direzioni inverse, si elidono all' intutto, così nelle correnti, come nelle tensioni; principio il quale ove sussista anche a fronte degli elettromotori umidi ed organici, ne conseguirebbe che, riconosciuta la tensione dei metalli eterogenei, la cui corrente contrapposta a quella della rana riesce all' equilibrio galvanometrico, resterebbe conosciuta eziandio la tensione dell' elettricismo proprio della rana stessa: quindi per tal via si sarebbe condotti a determinare la verace tensione dell' elettricismo proprio dei tessuti nerveo-musculari della rana, riconfermandola all' uopo mediante i riscontri dell'elettrometro, con risultamenti meglio precisati di quelli addotti finora dal Grimelli e dal Matteucci (*Grimelli Lettera all' Amici ec. Nuovi Annali delle Scienze Naturali ec. tomo X, Bologna* 1843. — *Matteucci Ricerche Elettro-Fisiologiche ec. Memorie della Società Italiana tomo XXIII, Modena* 1845. — *Marianini Memoria sulla facoltà elettromotrice relativa dei metalli ec. Modena* 1838).

63. Sebbene poi il Galvani riconoscesse nell'arco metallico eterogeneo una particolare attività ed efficacia per occasionare e promuovere le contrazioni, tuttavolta si fece a

dimostrare simile efficacia anche nell' arco metallico omogeneo, parimenti applicato sui tessuti nerveo-musculari, con simili vicende di contrazioni. Egli quindi ne avvertì che comprendendo fra gli estremi d' un arco, o d'oro o d' argento o di rame o di stagno o di altro metallo buon conduttore dell' elettrico, un tratto del solo nervo crurale, specialmente col suo estremo reciso, o lo stesso nervo in un coi muscoli corrispondenti, se ne ottengono di leggieri le contrazioni solite: specie di osservazioni e di esperienze che, mentre venivano riconfermate dall' Aldini con ogni possibile omogeneità di materiali metallici, fino al mercurio purissimo, e con altri simili archi conduttori dell' elettrico fino al carbone ben preparato, conducevano il Volta a riconoscere il contatto elettromotore altresì fra le parti di uno stesso pezzo metallico, per avventizie condizioni meccaniche o chimiche, addivenute dissimili, ed eziandio fra i corpi metallici o carbonosi, e i materiali umidi o i tessuti organici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 164, 165, 186, 187, 288, 328, 330, 331, 337, 340 *ec.*. — *Joannis Aldini De Animali Electricitate Dissertationes Duae, Dissert. I, Bononiae* 1794. — *Id. Essai Théorique et Experimental sur le Galvanisme etc. tome seconde, Memoire IV, Paris* 1804. — *Collezione delle Opere del Volta ec. tomo secondo, parte I, Firenze* 1814). Però anche nei circuiti instituiti sui tessuti nerveo-musculari con arco metallico omogeneo si verificano i riscontri di un elettricismo intrinseco e proprio dei tessuti stessi, e di un altro avventizio o accidentale dell' arco metallico: il primo si riconosce tanto meglio, quanto più la rana sia di recente preparata e ancor capace d' ogni sua proprietà elettro-fisiologica, e delle relative contrazioni; il secondo si ravvisa qualora l' arco metallico abbia assunto, ai suoi due estremi, diversa facoltà o forza elettromotrice, ovvero eserciti simile forza pel suo contatto con varj materiali umidi.

64. Nella rana di recente preparata, e ancor capace di offrire, mercè il pretto suo circuito organico, le contrazioni, l' arco metallico il più omogeneo, il più resistente alle azioni chimiche, il più conduttore dell' elettrico, come quello o d' oro o d' argento o di mercurio purissimo, applicato e diretto

sui tessuti nerveo-musculari, risulta adatto ed efficace a compiere il circuito elettro-fisiologico manifestato dalle contrazioni. Basta distendere per l' una parte gli arti addominali della rana galvanica sulla superficie dei suddetti metalli, e per l' altra lasciar cadere il tronco vertebrale sulla superficie medesima, onde osservarne al momento le contrazioni. Che se il tronco vertebrale serbasi fornito dei suoi muscoli, in un cogli arti toracici, per parificarne il contatto sulla superficie metallica con quello degli arti addominali, anche in tal guisa si producono le contrazioni medesime. Inoltre, all' uopo di rendere il più possibilmente eguali le condizioni del contatto dei tessuti organici per ambe le parti sopra il metallo stesso, congiungasi il tronco spinale di una rana galvanica colla sommità degli arti addominali d' altra rana, cosicchè questi restino disposti in direzione inversa a quelli della prima, e distendendo parimenti gli uni e gli altri arti sulla superficie metallica si ottengono pure le contrazioni della rana, lasciata col tronco vertebrale, e in virtù del suo circolo elettrico nerveo-musculare. Che se immergesi il tronco vertebrale della solita rana galvanica entro un bicchiere, immergendo altresì le estremità delle gambe in altro bicchiere, ambidue muniti di opportuno liquido conduttore, e si compie il circuito con arco metallico omogeneo tuffato pei suoi estremi nei vasi medesimi, si producono ognora le contrazioni musculari: specie di circuito elettro-fisiologico che riesce efficace alle contrazioni, qualunque sia il liquido usato, o salino, o alcalino, o acido, ed anzi tanto più attivo, quanto più il liquido stesso è abile conduttore dell' elettrico; maniera di circuito che risulta pure efficace, qualunque sia l' arco metallico, o non ossidabile, o ossidabile, e comunque gli estremi dell' arco siano parimenti immersi, cioè nello stesso istante e con eguale superficie. Ove poi il metallo, o per avventizia sua eterogeneità, o pel vario suo contatto coi materiali organici od umidi, eserciti esso stesso facoltà elettromotrice, ne segnono le contrazioni colle norme di quelle occasionate dall' arco metallico eterogeneo. Quindi ove la estremità elettro-positiva ne sia applicata ai musculi, e la elettro-negativa ai nervi, si producono al chiudere simile circuito, stante la comune direzione

dell' elettrico nervo-musculare, e di quello sviluppato dall' arco metallico, le maggiori contrazioni. Di pari guisa qualora il metallo dispieghi forza elettro-motrice, dietro l'un suo estremo più estesamente applicato, o di alcun tempo premesso sui muscoli, addivenendo quivi elettro-positivo, a fronte dell' altro estremo meno esteso, o posposto sui nervi, promuove le contrazioni più pronte e vigorose. Fenomeni e vicende elettro-fisiologiche che risultano pure dalle analoghe osservazioni ed esperienze del Galvani, del Caldani, e d' altri, che notarono, relativamente ai tessuti organici costituiti nel maggior vigore fisiologico; la singolare efficacia delle armature omogenee più estese, o premesse sui musculi, meno estese, o posposte sui nervi, nel promuoverne il circolo elettrico, cogli effetti delle contrazioni (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 163, 169, 170, 254, *ec.*). E per verità disposta la rana col tronco vertebrale immerso in un bicchiere, e colle gambe tuffate in altro bicchiere, si riscontra che l' arco omogeneo di qualsiasi metallo se venga coll' un suo estremo più immerso, o premesso nel vase ove corrispondono gli arti, a fronte dell' altro estremo meno tuffato per qualche tratto di superficie, o posposto alcun istante di tempo, nell' altro vase ove corrispondono i nervi, ne consegue di tal guisa il circuito più efficace per le contrazioni galvaniche; mentre che, nello stesso apparecchio, l' arco metallico omogeneo ove sia più immerso, o premesso nel bicchiere ove corrispondono i nervi, e meno o dopo nell' altro bicchiere, difettano o mancano le convulsioni: dietro le quali prove, ben accertate, scorgesi che l' estremo dell' arco metallico più immerso, o premesso nel liquido, addivenendo elettro-positivo, a fronte dell altro estremo meno immerso, o posposto nel liquido stesso, e che trovandosi quello positivo dalla parte dei muscoli, procedono così nella medesima direzione l' elettrico idrometallico, e il nerveo-musculare, coi maggiori effetti delle contrazioni.

65. Ove poi l' arco metallico omogeneo si applichi sul solo apparato nerveo della rana galvanica, ben fresca e vigorosa, anche in tal caso si compie il circuito elettro-fisiologico produttore delle contrazioni musculari (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 164, 165, 186, 187). Si introduca la estremità

di un filo metallico entro il canale vertebrale, mentre l' altra estremità dello stesso filo si adduce a un contatto parimenti esteso sui nervi crurali dell' animale; ovvero tali nervi recisi presso la colonna vertebrale si lascino cadere sur una lamina metallica omogenea, o sur un pezzo di carbone, o di pirite; e in ognuno degli accennati casi si producono le contrazioni dei corrispondenti muscoli: per tal modo risulta palese che il filo o la lamina metallica, o il pezzo di carbone o di pirite o d' altro simile conduttore elettrico, il più omogeneo, e il più resistente alle azioni chimiche, formando arco dal midollo spinale al nervo, o da punto a punto di questo, riesce a determinare il circolo elettro-fisiologico galvanico; al quale circolo sono pure a riferirsi le contrazioni ottenute, di varie guise, mediante il contatto dei soli nervi sur un solo pezzo di metallo omogeneo, e da alcuni intravedute come indicanti un particolare procedimento elettro-fisiologico diverso dal galvanico già accennato (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 98, 99, 186, 187. — *Experiences sur le Galvanisme par F. A. Humboldt, pag. XXIII*, 38, 56, 358, *Paris* 1799). Che se l' arco metallico omogeneo, per l' un suo estremo più esteso, o premesso, e per l' altro più ristretto, o posposto sullo stesso apparato nervoso, addiviene eterogeneo, svolgendo la relativa forza elettromotrice, già ne seguono le contrazioni colle vicende caratterizzate dalla complicanza dell' elettricismo svolto dall' arco metallico eterogeneo, e di quello proprio dei tessuti nerveo-musculari. Invero si prepari la rana galvanica ridotta al tronco vertebrale, a un sol nervo lombare, al corrispondente arto addominale, e introdotto per la sommità della coscia l' estremo di un filo metallico lungo il nervo fino al ginocchio, se ne ripieghi l' altro estremo sul nervo stesso verso il tronco vertebrale; e a tal modo osservasi che quanto più la rana è fresca e vigorosa, tanto maggiori si producono le contrazioni musculari; nel qual caso avviene appunto che l' estremo dell' arco metallico più esteso e premesso lungo il nervo, addiviene elettro-positivo, combinandosi di tal guisa siffatto elettricismo per lo stesso verso di quello proprio dei tessuti nerveo musculari, e conseguendosene perciò le maggiori contrazioni. In ordine alle quali

prove galvaniche, relative all' applicazione dell' arco metallico omogeneo al solo apparato nervoso, giova ognora avvertire che i nervi siano ben freschi con tutto il vigore fisiologico loro proprio, e i muscoli svestiti della loro cute, per lasciar campo ad ogni rivolgimento e circolo elettrico dalle superficie musculari ai tronchi nervosi. Inoltre giovano, allo stesso circolo, i più stretti contatti, e all' uopo anche per appulso degli estremi dell' arco metallico sui cordoni nervei, ben disposti ed eziandio alquanto tesi, ottenendosi così di leggieri gli accennati riscontri elettro-fisiologici delle contrazioni. Maniere di riscontri che ottengonsi non solo nelle rane, ma altresì negli animali maggiori a sangue caldo, i quali o ancor vivi, o subito spenti, offrono anzi simili fenomeni oltremodo cospicui e manifesti, stante la maggior copia elettrica derivante dalle loro masse muscolose, e diretta ai corrispondenti nervi.

66. E nei circuiti istituiti sui tessuti nerveo-musculari con arco metallico omogeneo, per le suddette contingenze addivenuto eterogeneo, si è pure guidati a riconoscere, mercè il galvanometro, la corrente fisiologica galvanica, or semplice, or avventiziamente combinata colla fisica voltaica. Qualora si raccomanda a ciascun capo del filo galvanometrico una lamina o lancetta di uno stesso metallo omogeneo, pari per ambe le parti, e si applica o infigge con eguale superficie, e in pari tempo, l' una lamina o lancetta nei muscoli della coscia, l' altra nei muscoli della gamba di una rana, si ottiene di leggieri una corrente elettrica diretta dalla coscia, attraverso il filo galvanometrico, alla gamba dell' animale. Così pure immergendo le indicate estremità galvanometriche nei bicchieri ove sono tuffati per l' una parte il tronco vertebrale, per l' altra le estremità delle gambe della rana, ottiensi una simile corrente diretta da quello a queste: foggia di circolo elettrico che risulta ognora più manifesto compiendo il circuito mediante i vasetti metallici raccomandati ai capi del filo galvanometrico per introdurvi le estremità dei tessuti nerveo-musculari, ed avviarne a maggior corrente il relativo elettricismo. Che se le appendici del galvanometro, qualunque siano, dispiegano esse stesse o per avventizia loro eterogeneità, o pel vario loro contatto idrometallico, facoltà o forza elettromotrice, in tal

caso si ravvisano i riscontri e i contrassegni della relativa corrente elettrica combinata con quella propria dei tessuti organici. Così è infatti che qualora le disposte appendici o a lamine, o a vasetti presentano una eterogeneità segnata da parecchi gradi del galvanometro, introducendovi la rana in circuito si riscontra che tale indicazione cresce, o diminuisce, si equilibra, o si inverte, a seconda che si combinano per lo stesso verso, o pel verso opposto la corrente idrometallica e quella dei tessuti nerveo-musculari. Quindi le esperienze e le osservazioni svariatissime per le quali si ottennero correnti elettriche mediante lamine o lancette metalliche omogenee raccomandate ai capi del filo galvanometrico, ed applicate od infisse nei tessuti organici, si riducono alle risultanze: 1.° o di una corrente tutta propria dei tessuti organici, qualora resti escluso ogni sviluppo e corso elettrico idro-metallico, tanto agevole e pronto a svolgersi in circolo ove le estremità galvanometriche più omogenee siano poste in contatto di tessuti organici dissimili, ovvero applicate con ineguale superficie, o in diversi momenti sui tessuti più omogenei; 2.° o di una corrente intrusa a circolo dagli usati scandagli metallici, per diverse loro condizioni fisico-meccaniche, come la varia scabrosità, o levigatezza di superficie, la ineguale tempra, o temperatura, ovvero per diverse condizioni fisico-chimiche, come la variata lega o amalgama, l' ossidazione o combinazione qualsiasi, sfuggite e non riconosciute al saggio dell' equilibrio galvanometrico, perchè instituito entro liquido meno conduttore dei tessuti o umori organici sui quali si sperimenta; 3.° o di una corrente combinata e composta di quella propria dei tessuti nerveo-musculari, e della promossa dai metalli loro applicati, che a seconda procedono ambedue per lo stesso verso, o per versi opposti si appalesano, con addizione, o sottrazione dell' una sull' altra: d' onde poi le svariatissime e difformi risultanze in ordine a simili materie (*Esperienze sulla Esistenza e le Leggi delle Correnti Elettro-Fisiologiche ec. dei Professori F. Puccinotti e L. Pacinotti ec. Pisa* 1839. — *Esperienze intorno alle Correnti Elettro-Fisiologiche ec. del Dottor L. P. Fario e del Professor F. Zantedeschi ec : Memoriale della Medicina Contemporanea Volume* 111, *Venezia*

1840. — *Osservazioni intorno alle Esperienze relative alle Correnti Elettro-Fisiologiche del Professor S. Berruti ec. Torino* 1841. — *Ulyssis Breventani De Experimentis Electro-Physiologicis ec. Bononiae* 1843).

67. E nei circuiti disposti convenientemente sui tessuti nerveo-musculari, mediante arco metallico omogeneo, intervengono eziandio le più manifeste polarità secondarie sull' arco stesso ad appalesare l' elettricismo proprio di que' tessuti. Per tal guisa avviene che, nel tempo di simili circuiti chiusi, la corrente elettrica dei tessuti organici, attraversando l' arco metallico, svolge su l' un suo estremo la polarità elettro-positiva, su l' altro la elettro-negativa. Infatti se collocasi una rana, o meglio un fascio di due o tre o quattro rane, a cavalcione di due bicchieri muniti di acqua salsa, compiendo il circuito con un filo o una listarella ad arco, o di platino, o d' oro, o d' argento, o di rame, si riscontra, dopo parecchi minuti, che tale arco ha assunto nel suo estremo immerso colle coscie la polarità elettro-positiva, e nell' altro estremo immerso colle gambe la elettro-negativa, manifestando così al galvanometro una corrente inversa a quella propria dei tessuti nerveo-musculari: foggia di corrente inversa che riscontrasi tanto più costante, e di intensità prossima a quella dei tessuti organici, quanto più trattasi di archi ad estremità o appendici che investite dal liquido conduttore restino meno soggette a processi chimici o di ossidazione, come verificasi sul platino o l' oro, sull' argento, o anche il rame, in contatto d' acqua salsa. Inoltre si ravvisa che, stante la corrente in discorso propria dei tessuti nerveo-musculari, l' arco metallico assume le polarità secondarie tanto più facili e pronte, quanto più le estremità o appendici dell' arco stesso sono di forma angolare o appuntita, anzichè cilindrica tondeggiante. Così è infatti che i vasetti metallici disposti ad appendici galvanometriche, per iscandagliare la corrente elettrica della rana, offrono minime o nulle le polarità secondarie, e perciò in simili circuiti sussiste a dilungo la manifestazione della corrente stessa: quindi poi negli accennati vasetti, invertendo la disposizione dell' animale, se ne ottiene la corrente senza notevole complicanza per parte delle polarità secondarie assunte dai metalli. Laonde mentre

l' elettricismo della rana in circuito si riconosce, mercè gl' indicati contrassegni, all' un tempo si scorge declinare più o men presto, a seconda delle polarità secondarie svolte più o meno presto sull' arco metallico, ed anche sugli stessi tessuti muscolari, e a seconda dell' accumulamento elettrico nei nervi, e dello scadere successivo d' ogni facoltà elettro-fisiologica: complicato magistero di declinazione della corrente animale che quindi s' attiene in parte alle facoltà elettro-fisiche degli archi metallici, e in parte alle facoltà elettro-fisiologiche dei tessuti organici; in fra le quali vicende risulta ognor più manifesta simile corrente elettrica come tutta propria dei tessuti nerveo-musculari.

68. Inoltre dalle esperienze e dalle osservazioni del Galvani si raccoglie che, anche senza l' intervento di alcun metallo, ma invece con soli materiali umidi applicati ai tessuti nerveo-musculari, ne risultano archi e circuti abili al circolo elettro-fisiologico, pel quale si occasionano e promuovono le contrazioni (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 111, 115, 210, 260, 286, 332. *ec.*). Che se il Volta per avere, in sui primordi di sua splendida dottrina, riconosciuto il contatto elettromotore soltanto fra metallo e metallo, intendeva a rifiutare l' efficacia degli accennati archi e circuiti galvanici, fu poi davvero persuaso anche di questi, fino ad estendere il grande principio del contatto elettromotore eziandio fra i materiali umidi dissimili (*Collezione delle Opere del Volta, tomo II, parte I, pag.* 221, 222, 227, 230, 241, 250; *parte II, pag.* 38. *ec.*). Singolari prove di suscitato elettricismo galvanico ben presto, e sovra ogni altro riconfermate ed estese dal Valli, contrapponendole al Volta, coll' addimostrare diversi e moltiplici materiali umidi che ove meglio interposti fra i nervi e i muscoli, e quanto più conduttori dell' elettrico, tanto meglio e vieppiù riescivano a compiere il circuito elettro-fisiologico, cogli effetti delle contrazioni (*Lettres de M. Eusebe Valli Docteur en Medecine etc. sur l' Electricité Animale*: *Lettre I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Journal de Physique etc. volume XLI, Paris* 1792; *Lettre IX, Journal de Physique etc. volume XLII,* 1793; *Lettera X, XI, XII, Annali di Chimica ec., tomo VII, Pavia* 1795.— *Experiments*

on Animal Electricity with their application to Physiology onde some Pathological and medical observations By Eusebius Valli M. D. 1794, *London*). Argomenti galvanici risguardanti appunto gli archi e i circuiti, fatti e compiti con materiali tutti umidi, oltremodo attivi per occasionare e promuovere gli effetti elettro-fisiologici delle contrazioni, svolti poi e ragionati variamente dall'Humboldt, e dal Pfaff, dall'Aldini, e dal Bellingeri, dal Nobili, e dal Matteucci, e da altri non pochi.

69. Nelle applicazioni dei materiali in discorso, che, investendo li tronchi nervosi, riescono a promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli, il Galvani riguardò la sostanza umida interveniente, a maniera d'arco conduttore dell'elettrico, su varj punti del tessuto nerveo colla efficacia dell'ordinario circolo elettro-fisiologico produttore delle contrazioni musculari (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 265, 266, ec.). Egli quindi notava che bagnando il tronco vertebrale della rana con acqua salsa, non solo si svolgono immediatamente particolari convulsioni, ma che, cessate queste, si rende eziandio oltremodo efficace il circuito instituito, adducendo il tronco medesimo, o i suoi nervi lombari, a contatto dei corrispondenti muscoli delle coscie o delle gambe: speciale azione ed efficacia che ragionò mercè gli occulti archi stabiliti dalla soluzione salina fra varj punti del tessuto nerveo, e mercè l'agevolato corso dell'elettrico fra i nervi e i muscoli. Anzi, riscontrando egli una tale azione o efficacia avvalorata per la sezione dei nervi lombari in prossimità della colonna vertebrale, indicò in simile caso il circuito e il corso dell'elettricismo, all'estremità recisa del nervo, fra l'esterno involucro nevrilematico e l'intima nevrina, come il più opportuno ed efficace agli effetti elettro fisiologici delle contrazioni. Nel quale proposito sagacemente avvertiva che il midollo spinale, estratto dalla sua teca ossea e dal suo involucro membranoso analogo al nevrilematico, comunque investito od immerso nella soluzione di sale marino, o di potassa, non riesce ad occasionare che poche o languidissime convulsioni. Laonde ne dichiarò che ove principj sierosi conduttori dell'elettrico invadano, come in alcuni stati morbosi, o i nervi,

o la midolla spinale, o il cervello, specialmente fra le membrane loro, ivi esercitano l' officio di straordinarj archi deferenti dell' intrinseco elettricismo, occasionandone un circolo più o meno violento, cogli effetti e le sequele di più o meno gravi convulsioni. E viceversa egli argomentava che, ove altri principj d' indole piuttosto oleosa o coibente predominassero sui tessuti nerveo-musculari, essi ne contrariavano il circolo elettrico, fino ad occasionarne lo stato paralitico: foggie di osservazioni che pur sembrano meritevoli di qualche riguardo in ordine altresì a quelle sostanze farmaceutiche, che sono poco o nulla conduttrici dell' elettrico, come appunto gli eteri, e che insinuate nel sistema nerveo-musculare lo inducono a quella forma di anestesia o di paralisi momentanea, che è tanto opportuna alle vivesezioni e alle operazioni chirurgiche.

70. Che se si applicano i materiali umidi direttamente sui muscoli, ne consegue che, a seconda dei vari modi di tali applicazioni, il circolo elettro-fisiologico galvanico viene or più, ed or meno favorito, con relativi corrispondenti effetti di contrazioni. Invero quanto più i materiali umidi si appongono di preferenza attorno le estreme diramazioni nerveo-musculari, ossia verso i tendini, tanto meglio resta agevolato attraverso siffatti estremi il circolo elettrico per l' interno dei muscoli, fino ai tronchi nervosi, e da questi rivolto esternamente a quelle estremità umettate. Così è che, bagnando con qualche soluzione, o salina, o alcalina, o acida, buona conduttrice dell' elettrico, li tessuti musculari presso le loro parti tendinee, si promuovono di leggieri le convulsioni galvaniche d' ogni maniera: quindi avviene che, dietro siffatte umettazioni carneo-tendinee, adducendo il nervo crurale a contatto delle estremità bagnate, produconsi i maggiori effetti elettro-fisiologici di contrazioni. Ma, d' altra parte, umettando tutta la superficie musculare, dagli estremi tendinei fino ai tronchi nervosi, si offrono le più estese vie al corso e rivolgimento elettrico esterno, con sua deviazione dall' interno, e perciò con difetto delle convulsioni; il perchè riscontrasi che, immergendo nell' acqua salata li musculi fino ai tronchi nervosi, od anche coi tronchi stessi, risultano poche, o nulle le contrazioni; ed occorse pure di osservare al Galvani che, dietro tale immersione, portando a

mutuo contatto il nervo crurale e i corrispondenti muscoli, restano attenuati gli effetti elettro-fisiologici convulsivi: risultamenti di fatto in proposito dei quali, oltre la deviazione dell'elettrico dall' interno all' esterno dei muscoli, vuolsi pure avvertire, col Galvani stesso, una certa alterazione ossia rigidità che acquistano i musculi investiti dall' accennata soluzione, per la quale più difficili occorrono i procedimenti delle contrazioni loro proprie (*Collezione delle Opere del Galvani, pag.* 212, 213). E qui ben anche si addice il richiamare che i tessuti musculari, comunque intrisi o bagnati tutto attorno di acquose soluzioni, o saline, o alcaline, o acide, o di umori sierosi, o sanguinei, ovvero compresi da ingorgo o flussione sanguigna straordinaria, mentre addivengono in massa più conduttori dell' elettrico, e più elettromotori al contatto di archi eterogenei, resta poi in essi agevolmente deviato, per simili vie umide, od umorali, l'elettrico intrinseco dal suo corso lungo le fibre sensibili irritabili, con difetto delle relative contrazioni. Infatti riscontrasi che la rana galvanica quanto più intrisa dai predetti umori, o compresa da flussione sanguigna, ove sia introdotta nel circuito galvanometrico, tanto maggiori presenta le indicazioni dell' ago calamitato, e minori le contrazioni musculari. Ma simile rana, parimenti di fresco allestita, però asciuttata attorno i suoi muscoli con pezzetto di spugna, quindi introdotta nello stesso circuito galvanometrico, offre le maggiori contrazioni, e le minori indicazioni al galvanometro: ai quali effetti giova pure che, per l' una banda, il tronco vertebrale sia immerso nel liquido, restandone fuori i nervi, e che, per l'altra banda, le gambe siano immerse solo pei piedi, con tutto il resto ben asciutto ed isolato, affinchè la corrente elettrica scorra e circoli davvero lungo ed entro le fibre sensibili ed irritabili.

71. Dietro quindi le accennate norme interponendo, fra i nervi e i musculi, qualsiasi materiale umido, o salino, o alcalino, o acido, si riscontra che esso quanto più sia conduttore dell'elettrico, tanto più vale a favorirne il circolo, colla efficacia delle contrazioni. A tal modo il Galvani dimostrava che su qualunque piano deferente, ed anche su la superficie di semplice acqua contenuta in un vase, poggiando per l'una

parte il tronco vertebrale o i nervi lombari, e per l' altra parte l' estremità delle gambe di una rana fresca e vigorosa, ne conseguono le contrazioni della medesima (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 180, 211, *ec.*). Foggie di circuiti elettro-fisiologici, variati poi ed estesi dal Valli, e dal Volta, dall' Humboldt, e dal Pfaff, coll' interporre fra i nervi e i muscoli della rana galvanica diversi materiali umidi e salini, conduttori dell' elettrico, ed ognora con effetto delle contrazioni. Il Valli, sovra ogni altro, si fece a dimostrare che, applicando su adatte parti dei tessuti nervei e musculari varj umori, come latte, o urina, ovvero anche aspergendo le parti stesse di certi sali, come nitrato di zinco, o muriato di maganese, ed ivi addotte al contatto, ne risultava un circuito elettro-fisiologico capace delle maggiori contrazioni. Quindi il Volta, accogliendo e riconfermando tali risultamenti di fatto, ognor più proclamava le accennate sostanze, introdotte fra nervi e muscoli, come opportunissime al più esteso e efficace contatto elettromotore, e al più spedito corso del relativo sviluppato elettrico, efficacissimo alle contrazioni (*Valli Lettera XII sull' Elettricità Animale*: *Annali di Chimica ec. tomo VII, Pavia* 1795. — *Collezione delle Opere del Volta ec. tom. II, parte I, pag.* 241, *parte II, pag.* 231, *ec.*). Frattanto l' Humboldt riscontrava ed estendeva la efficacia delle soluzioni acquose acide, come d' acido idroclorico, ed alcaline, come di potassa, specialmente applicate ai nervi, per favorire sui muscoli i circuiti elettro-fisiologici, coi maggiori effetti delle contrazioni. Se non che mentre egli, diretto da particolari sue viste di chimismo e galvanismo fisiologico, reputava gl' indicati agenti abili ad esaltare la eccitabilità degli organi animali, il Pfaff, conformemente al Volta indicava tali mezzi capaci piuttosto ad attivare i contatti eterogenei, e la conducibilità elettrica dei prefati circuiti galvanici. Maniere di osservazioni e di esperienze riassunte poi dal Matteucci, col dichiarare di avere riconosciuto il circuito nerveo-musculare galvanico avvalorato nei suoi effetti, frammettendo tra i nervi e i muscoli alcuni mestrui, quali appunto le soluzioni d' acido idroclorico, o di potassa, e coll' asseverare che qualora una rana o di recente preparata, o alquanto indebolita, non offre, o cessa di offrire, al

pretto suo circuito nerveo-musculare, le contrazioni, basta passare sulla gamba un peonelliuo intriso nella soluzione acquosa o idroclorica, o potassica, per ottenere subito, al contatto della gamba stessa col nervo crurale o lombare, le più vigorose contrazioni (*Experiences sur le Galvanisme etc. de F. A. Humaoldt etc. pag.* 2, 22, 75, 352, *etc. Paris* 1799. — *Histoire du Galvanisme par Sue etc.* Deux. Partie, pag. 98, Paris 1802. — *Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux pur M. Ch. Matteucci pag.* 81, 84, *Paris* 1840: — *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche ec. Memorie della Società Italiana tomo XXIII, Modena* 1845). All' uopo poi di ottenere, mediante arco tutto umido, o di acconcia soluzione salina, la corrente elettrica dai tessuti nerveo-musculari della rana, il Nobili ripropose un semplicissimo metodo, quale riducesi pure alle originali prove galvaniche relative a siffatta materia. Egli quindi si fece ad instituire il circuito immergendo, per l' una parte, il tronco spinale di una rana entro l' acqua salsa di un bicchiere, e, per l' altra parte, le gambe della rana stessa entro simile liquido d' altro bicchiere; poi con fascio di tessuto imbevuto del liquido medesimo compiendo il circolo, addimostrava la corrente elettrica dei tessuti nerveo-musculari appalesata dalle ottenute contrazioni, riconfermandola all' un tempo, nell' apparecchio stesso, mercè il suo galvanometro. Se non che per tal modo, stante la resistenza contrapposta dall' arco del tessuto, comunque inumidito, al corso elettrico, difettano di leggieri, o prestamente mancano i riscontri delle contrazioni nella rana, eziandio la più fresca e vigorosa. Laonde all' uopo di ottenere, nella maggiore compitezza, simili riscontri elettro-fisiologici, mediante arco tutto umido, o di mestruo salino, o alcaliuo, o acido, interposto fra i nervi e i muscoli, giova che la rana sia preparata co' suoi nervi lombari recisi presso la colonna vertebrale, ed altresì colle gambe sezionate presso l' articolazione del piede, interponendo, fra tali estremi nervei e musculari, abilissimi al corso elettrico, un breve tratto di arco umido; quindi entro piccolo vase, contenente una soluzione o salina, o alcalina, o acida, applicando sulla superficie del liquido, per l' una parte, gli estremi nervosi recisi, e, per l' altra

parte, le estremità sezionate delle gambe, si ottengono, così al chiudere, come all' aprire siffatto circuito, le contrazioni musculari. Che se tali prove si eseguiscono con un solo arto addominale ridotto alla sua gamba munita del nervo crurale separato dalla coscia, ne risultano ognor più manifesti e cospicui simili fenomeni elettro-fisiologici, manifestati dalle accennate convulsioni. Specie di fenomeni riferibili al circolo di un particolare elettricismo di origine fisiologica nerveo-musculare, anzichè proveniente dal contatto elettromotore fra materiali umidi ed organici dissimili. Invero per simile contatto fisico tra la sostanza nervea o la musculare e le soluzioni o saline, o alcaline, o acide, si ravvisa uno sviluppo e corso elettrico tanto indeterminato e incostante, da non potersi mai riferire ad esso le accennate costanti norme elettro-fisiologiche. Perfino le pile composte di più strati nervei e musculari, alternati da sostanze umide qualsiansi, risultano oltremodo inette ed inefficaci ad un determinato e costante corso elettrico; come fu già riscontrato fin dai primi tempi del Galvanismo, e come si riconferma mediante la rana galvanoscopica, ed il galvanometro moltiplicatore (*Histoire du Galvanisme etc. per Sue etc. Trois. Part.*, *pag.* 167, *Paris* 1805. — *Traité des Phénomènes Electro-Phisiologiques etc. par Ch. Matteucci pag.* 40, 52, 61, *Paris* 1844). E fatto è pure che, qualunque siano le reazioni saline, alcaline, acide, intervenienti nei predetti circuiti, alla superficie o attraverso de' tessuti nerveo-musculari, l' elettrico di quelli procede ognora per lo stesso verso, comunque più o meno agevolato nel suo corso, cogli effetti e li riscontri delle contrazioni musculari e delle indicazioni galvanometriche. Per tal guisa simile elettricismo svolto, in ogni caso, positivamente dai rami verso i tronchi nervosi, e da questi, o dalle sommità delle coscie, rinviato, attraverso i mestrui o neutri, o acidi, o alcalini, alle estremità delle gambe, riesce sempre ad occasionare le stesse vicende di contrazioni musculari. Così pure introducendo la rana nel circuito del galvanometro, qualunque sia il liquido conduttore nel quale si immergono gli estremi della medesima, e qualunque sia il metallo delle appendici galvanometriche parimenti immerse a raccogliere ed avviare l' elettricismo circostante, se ne ravvisa, in

ogni caso, la corrente diretta per l' accennato verso invariabile, comunque ne risulti variabile la intensità, a seconda di circostanze molteplici. Anzi in proposito torna in acconcio l'avvertire che la disposizione della rana nel circuito del galvanometro, coi vasetti di qualsiasi metallo, mmniti di qualsiasi liquido, sebbene presenti ogni varietà di azione e reazione chimica, fra i liquidi o i mestrui e i tessuti organici o i metalli, tuttavolta offre sempre la corrente diretta dai nervi, o dalla sommità delle coscie, attraverso l' apparecchio galvanometrico, alle estremità delle gambe. Nel quale apparecchio si riscontra inoltre che i vasetti metallici, ove, per azione su essi ineguale del liquido ossidante, non si trovino all' equilibrio galvanometrico, ottengonsi anche, in fra simili vicende di ossidazione, i riscontri della corrente della rana diretta sempre pel medesimo verso, e così o sommata, o sottratta con quella di origine idrometallica o elettro-chimica. Il liquido poi disposto entro gli accennati vasetti, sia di acquosa soluzione alcalina, come di carbonato potassico, o neutra, come di cloruro sodico, o acida, come di acido idroclorico; sia lo siero di latte o ben recente, o alcalinizzato dalla potassa, o acidificato dallo sviluppatosi acido lattico, serve in ogni caso, e in onta ad ogni azione chimica, ad avviare pel galvanometro la corrente tutta propria della rana, e diretta ognora pel medesimo verso. Laonde tale corrente manifestasi procedere dalle condizioni organico-vitali proprie dei tessuti nerveomusculari, anzichè da estrinseche od intrinseche azioni o reazioni fisiche o chimiche, almeno riconosciute ed assegnabili.

72. A compimento de' suoi circuiti elettro-fisiologici il Galvani produsse eziandio e addimostrò che il solo e semplice contatto immediato dei nervi lombari o crurali coi loro corrispondenti muscoli, escluso ogni esterno mezzo od agente metallico od umido, risulta pure abile ed efficace all' intrinseco circolo elettrico occasionante le contrazioni. Simile circuito, eminentemente galvanico, discoperto sulla rana dal celeberrimo bolognese, e da lui stesso dimostrato a varj suoi colleghi od amici in Bologna nel 1793, e pubblicato sulla metà del 1794, venne ben presto riconfermato e promulgato dall' Aldini, e dal Valli, dall' Humboldt, e dal

Pfaff, e da altri non pochi italiani e stranieri. In frattanto il Volta, sorpreso da siffatto risultamento, si avventurò in sulle prime a riguardare come originate da certo tal quale appulso meccanico dei nervi addotti contro i musculi, anzi che da sviluppo e corso elettrico, le risultanti contrazioni. Ma stretto viepiù dagli argomenti galvanici, per li quali, evitando ogni urto o pressione, e conducendo lievissimamente il nervo sul muscolo, ne sorgono li suoi moti contrattivi, fu necessitato ad invocare anche in ciò il principio del contatto elettromotore, riputandolo fra i tessuti organici dissimili, fra i nervi e i musculi, colla sequela degli accennati effetti elettro-fisiologici (*Collezione delle Opere del Volta tomo II*, *parte I*, *pag.* 226, 241, *parte II*, *pag.* 33: *Lettere del Volta al Carradori, e all' Aldini*). Per le quali cose necessita disaminare partitamente le varie maniere di circuiti, instituiti adducendo i nervi lombari o crurali e i musculi della coscia o della gamba a mutuo contatto, con gli stessi effetti delle contrazioni galvaniche: foggie diverse di cimenti che ne guidano poi a definire se in essi realmente si verifichino le condizioni del contatto elettromotore fra materiali organici dissimili, e se da ciò procedano le relative contrazioni musculari, e le corrispondenti indicazioni galvanometriche; tale almeno ne sembra la verace via d' osservazione e d' esperienza, per conchiudere se il pretto circuito organico della rana offra, nel suo magistero, i riscontri o i contrassegni di un elettricismo intrinsecó fisiologico, e manifestantesi qual corrente propria della rana.

73. Due precipui sono gli originali metodi galvanici, tanto illustrati poi dal Valli, e dall' Aldini, per li quali si instituisce il pretto circuito nerveo-musculare della rana, ottenendo i relativi fenomeni elettro-fisiologici delle contrazioni. L' uno consiste nel preparare l' animale, in guisa da ridurlo agli arti addominali muniti del rispettivo tronco nervoso reciso in prossimità della colonna vertebrale, e nel ripiegare il tronco stesso ad arco, in modo che tocchi col suo estremo i musculi della coscia e, specialmente li laterali esterni. L'altro consiste nel preparare la rana lasciandone i nervi lombari congiunti al tronco vertebrale, e ripiegandone la gamba fino a portarla a contatto

di tali nervi, ma specialmente col suo muscolo maggiore posteriore, ossia gastrocnemio. Così nell'una come nell' altra guisa, a pari vigore nerveo-musculare, sogliono prodursi le contrazioni all' atto di chiudere siffatti circuiti elettro-fisiologici (*Collezione delle Opere del Galvani ec., Rapporto ec. pag.* 48, 97, *Opere ec., pag.* 211, 254, 280, 287, 293, 308, 311, 314, 429, 491, *ec.*). In ognuno poi di simili circuiti, prettamente nerveo-musculari, le condizioni più acconcie all' uopo del circolo elettrico efficace a promuoverne le convulsioni, si riducono a ciò, che l'animale sia ben fresco e vigoroso, in guisa da serbare la capacità elettrofisiologica alle sue contrazioni per influsso della corrente propria, e che ne sia recisa e tolta la cute, lasciando scoperta la superficie carnea o musculare, sulla quale il tronco vertebrale o nervoso si adduce al contatto. Però siccome la cute attorno i muscoli conferisce a serbarne vigorosa la loro irritabilità, così nel circuito instituito ripiegando li nervi lombari sulla coscia, quanto necessita la accennata asportazione cutanea fra quelli e questa, altrettanto giova lasciarne vestito il resto degli arti, come fu già usato dal Galvani, a maggiore effetto di convulsioni. Ma, d' altra parte, nel circuito formato adducendo la gamba a contatto dei nervi predetti, necessita la recisione della pelle lungo almeno la gamba stessa, od anche meglio la completa asportazione cutanea da tutto l' arto, risultandone così il più attivo circolo elettro-fisiologico, manifestato dalle contrazioni musculari. E a viepiù riconoscere simile acconcezza dell' asportazione cutanea: si prepari la rana alla galvanica svestendone un arto solo della cute sua propria, e lasciando l' altro munito del corrispondente suo integumento cutaneo; nel quale stato di cose riscontrasi che, adducendo il tronco vertebrale o il nervoso al contatto della coscia o della gamba svestita di cute, si promnovono le più vigorose e ripetute contrazioni; mentre per lo stesso tronco addotto al contatto dell' altra coscia o gamba lasciata coperta della sua cute, comunque umettata, ne risultano o minimi o nulli i moti contrattivi. Che se si toglie nell' un membro la cute lungo la gamba dal piede fino al ginocchio, lasciandone vestita la coscia, anche in tal modo il contatto del tronco vertebrale o nervoso colla snudata gamba riesce a promuovere le

accennate convulsioni; mentre nell' altro arto, lasciata la gamba munita, e svestita la coscia del rispettivo integumento cutaneo, si riscontra che il contatto del tronco vertebrale o nervoso colla coscia o colla gamba non riesce a simili effetti elettro-fisiologici di contrazioni. Per le quali maniere di osservazioni e di esperienze avviene pur di riscontrare in siffatti circuiti che, dietro il contatto del tronco vertebrale o nervoso col membro spoglio di cute, si contrae questo, in no coll' altro arto vestito del suo integumento cutaneo; ed anzi a simili cimenti reiterati il primo addiviene impassibile, continuando il secondo a manifestare le proprie contrazioni. Di tal guisa si scorge che il circolo elettrico dell' arto svestito di cute, sebbene addivenuto impotente a occasionare le contrazioni dei proprj muscoli, tuttavolta riesce, nell' invadere i nervi del membro vestito di cute, a promuoverne i moti musculari. Quindi risulta ognor più manifesto che l' asportazione della pelle quanto conferisce allo sviluppo e circolo dell' elettricismo galvanico, altrettanto la cute stessa lasciata attorno gli arti giova a serbarne la forza nerveo-musculare capace di reagire alle minime scariche o correnti elettriche. I quali procedimenti di elettricismo galvanico si riconfermano altresì colla rana introdotta nel circuito galvanometrico, la quale, ove più spoglia dei suoi integumenti cutanei, ivi più offre i riscontri della propria corrente elettrica, mercè le indicazioni dell' ago calamitato; e viceversa lasciata vestita degli integumenti stessi, risulta minima o nulla simile corrente agli indicati contrassegni: lo che si verifica qualunque sia la preparazione della rana, e qualunque il modo di introdurla nel circuito, eziandio mediante i liquidi più conduttori e le più estese appendici galvanometriche. Anzi le rane vestite della loro pelle, e riunite a fascio, o congiunte longitudinalmente, pel medesimo verso, non valgono ad offrire corrente rinforzata al galvanometro; però basta spogliarle della cute lungo la gamba, dal piede fino al ginocchio, lasciandone pure tutta la coscia vestita, per ottenere subito gli ordinarj riscontri galvanometrici di loro corrente elettrica; mentre che, viceversa, la gamba munita, e spogliata la coscia degli integumenti cutanei, difettano e mancano li qui accennati riscontri della corrente medesima.

In ordine alla quale cooperazione dello svestimento dei muscoli dalla cute loro soprastante, per l' efficacia degli accennati circuiti elettro-fisiologici, coi riscontri delle contrazioni musculari, e delle indicazioni galvanometriche, si è ognor più guidati a riconoscere nella pelle stessa un mezzo valevole a ritenere entro i tessuti musculari l' elettricismo loro proprio, o a rivolgerlo tra le superficie dei tessuti medesimi e il sovrapposto integumento cutaneo. Nel quale proposito meritano di essere richiamate le prove del Fario e del Zantedeschi, risguardanti appunto una corrente elettrica di procedenza indicata fra i muscoli e la cute, e che, mediante aghi metallici infissi tra quelli e questa, ottennero di avviare lungo il circuito galvanometrico; prove che, sebbene eseguite con aghi di ferro o di acciajo alterabilissimi al contatto dei tessuti organici, tuttavolta infissi sotto varie parti della cute diedero al galvanometro risultati notevolissimi per la loro costanza: come pure riscontrasi avvertito nella *Relazione del Dottor Ulisse Breventani di esperienze elettro-fisiologiche instituite assieme col prof. S. Gherardi, e coi dottori M. Paolini, e L. Benfenati nel Gabinetto di Fisica della Pontificia Università di Bologna nel* 1840. Per tutte le quali cose si raccoglie che li tessuti nerveo-musculari offrono un proprio elettricismo, il cui sviluppo e corso attiensi a particolari condizioni organico-vitali, ben lungi dal riscontrarsi subordinate al principio voltaico del contratto elettromotore. Invero se tale contatto vuolsi considerare riposto nel naturale intimo intreccio della sostanza nervea colla musculare, ne conseguirebbe, al compiere il circuito, mediante l' artificiale esterno contatto dei nervi coi muscoli, una contrapposizione od equilibrio, anzichè un incitamento e corso elettrico. Che se pure nell' intimo dei tessuto organici in discorso vuolsi riguardare l' associazione della sostanza nervea e musculare, in un colla sanguigna, quale scaturigine elettromotrice, si contrappone all' un tempo la medesima associazione esterna, nel compiere il circuito, mediante il contatto di nervo e muscolo intrisi di sangue, ed ognora con effetto di corso elettrico manifestato dalle contrazioni. E se richiamasi in proposito la efficacia del contatto dei tronchi nervosi cogli estremi

tendinei, riscontrasi pure che, adducendo i muscoli delle gambe della rana, ben vivace e vigorosa, a contatto di quelli del suo tronco spinale, ne risulta il circolo elettrico promotore delle contrazioni. S' aggiunge che i due arti della rana stessa divisi, e discosti fra loro, in guisa che ciascuno comunichi solo pel rispettivo nervo lombare col tronco spinale, ed isolati e addotti a contatto in parti assimetriche, cosicchè i muscoli dell' una gamba compiano il circuito sui muscoli dell' altra coscia, ne suole conseguire anche in tal modo il circolo elettrico, con effettò delle contrazioni; come già fu avvertito da alcuni seguaci del Galvani, ed ultimamente altresì dal Matteucci. Nè giova, dietro simili fatti, ricorrere, col Volta, al contatto elettromotore di muscoli dissimili, fra loro, per varia struttura o consistenza; imperocchè se minima ed inefficace risulta la facoltà elettromotrice pel contatto della sostanza nervea colla musculare, tanto meno poi fia a valutarsi una tale efficacia pel contatto di tessuto musculare con tessuto musculare, comunque l' uno dall' altro dissimile (*Collezione delle Opere del Volta tomo II, parte I, pag.* 257). Non in proposito meglio soccorre la teoria del chimismo fisiologico galvanico proposta già dall' Humboldt, e riproposta, non ha guari, dal Matteucci, a spiegazione dell' elettrico nerveo-musculare. Se l' Humboldt, con vaste e profonde viste, e dietro le peregrine sue osservazioni ed esperienze, fu condotto a riguardare i procedimenti e gli avvicendamenti chimico-organici, proprj degli esseri vivi, quali scaturigini e fonti di particolari fluidi imponderabili, e di uno speciale elettricismo galvanico, fu poi lungi dal vedere siffatto agente originato per la apposizione immediata o azione mutua tra nervo e muscolo, riconoscendo anzi, in tale semplice contatto, uno degli artificiali mezzi di avviare a circolo il preesistente elettricismo fisiologico, cogli effetti delle contrazioni. Che se pure il Matteucci, qual fautore della teoria chimico-elettrica, applicata ai materiali eterogenei per contatto elettromotori, intende derivare dall' azione chimico-organica dell' umore sanguigno sulla fibra musculare lo svolgimento dell' elettricismo galvanico, egli è pur desso lungi dall' ammettere nel contatto di nervo con muscolo una azione o reazione capace ed abile ad originare

l' elettrico in discorso, riguardandolo invece determinato, per simile contatto, al suo corso e circolo produttore delle contrazioni (*Expériences sur le Galvanisme etc. de F. A. Humboldt, Paris* 1799. — *Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci, Paris* 1844). Per le quali cose si è ognor più guidati a ravvisare nel pretto circuito nerveo-musculare galvanico il manifestantesi elettricismo di origine tutta fisiologica, con circolo occasionato dal contatto immediatamente stabilito fra nervo e muscolo; elettricismo fisiologico analogo a quello che si ottiene pure, con simili correnti e circoli, dagli organi singolari dei pesci elettrici, ma in un modo e in una misura straordinaria; analogia mirabilissima già dal Galvani dichiarata quale argomento estremo dell' additata elettricità organica e vitale, fisiologica ed animale.

74. Or qui vuolsi pure aggiungere che il pretto circuito nerveo-musculare galvanico si presta al contatto del nervo col muscolo in sì varie guise, e sempre con tali effetti elettro-fisiologici, che addimostrano il corso e circolo di un' elettricismo di verace origine organica e animale, non fisica o chimica. E primieramente nella rana munita del tronco vertebrale, il contatto dell' esterna superficie dei nervi lombari coll' esterna superficie dei muscoli, in qualsiasi loro parte della coscia o della gamba, suole produrre le contrazioni al chiudere, ma assai di rado all' aprire siffatto circuito. Parimenti nella rana stessa col tronco vertebrale e i relativi connessi nervi lombari e colle coscie private delle gambe, ripiegando i nervi fino al contatto della coscia, ne risultano le contrazioni piuttosto al chiudere che all' aprire tale circuito. Ma se si distacca la coscia dalla gamba, serbando unito alla gamba stessa tutto il nervo crurale, e questo ripiegasi sul muscolo gastrocnemio, sogliono prodursi le contrazioni anche all' aprire simile circuito. In secondo luogo nella rana, coi nervi recisi presso la colonna vertebrale, instituendo il contatto dell' estremità e sezione trasversale del nervo crurale colla esterna superficie dei muscoli, o della coscia, o della gamba, si ottengono le contrazioni costanti e reiterate, piuttosto al chiudere il circuito, di quello che all' aprirlo. Così pure lasciati i nervi uniti al tronco

vertebrale, e invece recisa la gamba presso l' articolazione del piede, quindi portando la sezione trasversale della gamba stessa al contatto dell' esterno dei nervi, ne risultano le contrazioni più vivaci e vigorose specialmente al chiudere il circuito. In terzo luogo il contatto immediato della estremità e sezione trasversale del nervo lombare o crurale colla estremità e sezione trasversale dei corrispondenti muscoli specialmente della gamba, riesce a promuoverne le contrazioni tanto nell' atto del chiudere, quanto in quello dell' aprire siffatto circuito, e colla maggiore efficacia e costanza. Dietro poi simili ripetuti atti si osservano le contrazioni proprie del momento di chiudere venir meno, mentre all' un tempo quelle del momento di aprire il circuito si rinforzano, declinando più tardi, fino a manifestarsi le ultime: maniere di vicende già proprie della corrente elettro-positiva diretta dai muscoli ai nervi, quale appunto di tal guisa si riconferma la corrente nerveo-musculare galvanica. Giusta le quali cose, esaminando il contatto tra nervo e muscolo più opportuno e meglio efficace ai più compiti effetti elettro-fisiologici delle contrazioni, si riscontra propriamente riescir tale il contatto fra la sezione trasversale del nervo crurale e quella dei corrispondenti muscoli: maniera di combaciamento sì esiguo e ristretto, che quanto riesce adatto al corso e circolo del preesistente elettrico nerveo-musculare, altrettanto si ravvisa inetto alla produzione di tale elettricismo, coll' immediato effetto delle contrazioni galvaniche; infatti mentre si riconosce la più spedita conducibilità elettrica per le sezioni trasversali, comunque minime, dei nervi e dei muscoli, d' altra parte è pur noto che, fra i materiali umidi eterogenei di qualsiasi specie, il contatto svolge in ragione diretta di sua estensione l' elettrico per forza elettromotrice, o, vogliasi, per azione fisico-chimica: quindi ne consegue che il predetto contatto oltremodo esiguo e ristrettissimo fra nervo e muscolo, tanto acconcio ed efficace ai più compiti effetti delle contrazioni, così al chiudere, come all' aprirne il circuito, ben si presta al corso del relativo elettricismo, anzichè offrire campo adatto ad una azione e reazione elettromotrice od elettro-chimica, valevole ed abile ai dichiarati effetti elettro-fisiologici. Per le quali risultanze di fatto conchiudesi

che il pretto circuito nerveo-musculare offre, nei varj suoi procedimenti, le più dirette ed immediate prove e riprove dell' elettricismo fisiologico, e tutto proprio dei tessuti organici: prove manifestate dalle contrazioni che, pel minimo contatto tra nervo e muscolo, si ottengono nell' atto del chiudere siffatto circuito, come già fu notato dal Galvani, e dal Valli, dall' Aldini, e dall' Humboldt; riprove manifestate dalle contrazioni stesse quali si riproducono nell' atto di aprire il circuito medesimo, già acutamente notate e rinotate, ma quasi in via eccezionale, dal Galvani, trasandate dai suoi seguaci, ed ultimamente svolte dal Grimelli in via galvanica, e teorizzate dal Cima con dottrina Matteucciana, però sempre in ordine ad un elettricismo intrinseco e tutto proprio dei tessuti organici (*Collezione delle Opere del Galvani*, *pag.* 292, 318. — *Aldini Saggio di Esperienze sul Galvanismo ec. pag.* 69, *Bologna* 1802. *Id. Essai Theorique et Expérimental sur le Galvanisme etc. pag.* 19, *Paris* 1804. — *Humboldt Expériences sur le Galvanisme etc. pag.* 27, 465, *Paris* 1799. — *Grimelli Lettera sulle contrazioni che si ottengono negli atti del chiudere e dell' aprire il circuito ec. Nuovi Annali delle Scienze Naturali ec. tomo X, Bologna* 1843. — *Cima Saggio storico critico e sperimentale sulle contrazioni galvaniche ec., parte terza, capo I, Cagliari* 1846).

75. Applicando poi il galvanometro al circuito dei pretti tessuti nerveo-musculari, se ne riconferma la corrente, quale ottiensi derivata dai tessuti stessi lungo il filo galvanometrico. A tale oggetto, ridotti omogenei gli estremi di questo filo col mantenerli quanto basti impiantati a breve distanza entro un pezzo fresco di carne musculare, o di recente crassamento sanguigno, o nel siero del sangue, se ne introduca l' uno attraverso la coscia, l' altro attraverso la gamba di un arto di rana munito del suo nervo lombare e del relativo tronco vertebrale, rimasti così fuori di circuito; per tal guisa si riscontra subito la corrente elettro-positiva rivolta dalla coscia, pel filo metallico, alla gamba, e segnata da alcuni gradi di declinazione dell' ago magnetico: nel quale stato di cose, addotto il tronco vertebrale o il suo nervo a contatto della estremità della gamba, o meglio della sua sezione trasversale,

compiendo così il pretto circuito nerveo-musculare, si osserva che la predetta corrente resta derivata da siffatto circnito, snddividendosi, col procedere dalla gamba, lungo il filo galvanometrico, alla coscia, come lo indica la immediata inversa declinazione dell' ago calamitato. Maniere di vicende che si ottengono eziandio più cospicue e manifeste congiungendo ambi gli arti della rana in guisa che l'estremità della gamba dell' uno resti allacciata colla sommità della coscia dell' altro; quindi, per tal modo, impiantato l' un capo del filo galvanometrico attraverso la coscia superiore, l' altro attraverso la gamba inferiore, ne consegue rinforzata la relativa corrente, e, all' atto del compiere il circuito tutto organico, coll' addurre la sommità della prima coscia a contatto dell' estremità della seconda gamba, ne risulta una corrispondente inversa declinazione dell' ago magnetico. Stanti le quali cose si riconosce che in simil caso dei due arti interposti fra i capi del filo galvanometrico la corrente procede dall' estremità d' una coscia all' estremità dell' altra gamba, e che nel momento di addurre al contatto le accennate estremità compiendo così il circuito tutto organico, lo stesso elettricismo in corso si riparte, a foggia di corrente derivata, pel filo del galvanometro con direzione inversa alla primitiva. Quindi avviene che togliendo il contatto dell' estremità della coscia coll' estremità, della gamba, ossia aprendo il circuito tutto organico, il galvanometro torna a segnare la corrente nella direzione primitiva, con una declinazione dell' ago più o meno ampia e durevole, a seconda della freschezza e del vigore dei tessuti predetti. Singolari procedimenti che addimostrano ognor più nei tessuti nerveo-musculari l' elettricismo galvanico diretto positivamente dall' estremità delle gambe alla sommità delle coscie, ossia dai rami ai tronchi nervosi, come è il suo ordinario corso intrinseco. Il perchè tali tessuti, interposti ad arco o a catena fra i capi del filo galvanometrico, manifestano la loro corrente rivolta dalle estremità delle coscie, pel filo stesso, alla estremità delle gambe; mentre che chiusi col circuito loro tutto organico appalesano la corrente medesima derivata dalle gambe, lungo il filo galvanometrico, alle coscie; dietro le quali maniere di prove e di riprove scorgesi che siffatto elettricismo

fisiologicó si appalesa al galvanometro in due inverse direzioni, a seconda che è aperto o chiuso il pretto circuito nerveo-musculare. S' aggiunge che qualora nei tessuti medesimi si infiggono le appendici galvanometriche a forma di lancette, con ferite alquanto estese, ne consegue di leggieri che la corrente elettro-positiva proceda, lungo il filo del galvanometro, or dalle coscie alle gambe, or da queste a quelle: inversi procedimenti elettrici tanto più facili ad occorrere, quanto più estese le ferite dei tessuti organici, specialmente in direzione trasversale alle loro fibre; così e che nei muscoli feriti o sezionati si riscontrano simili inversioni di correnti, verificantisi mediante la rana galvanoscopica e il galvanometro moltiplicatore. Nei quali casi si riconosce pure l' elettricismo galvanico procedente ognora lungo le fibre nervee e musculari, ma soggetto a inversione intrinseca, ossia rivolto o dai rami verso i tronchi nervosi, o da questi a quelli, a seconda delle varie lesioni dell' apparato nerveo-musculare. Il perchè siffatti tessuti quanto più lesi o feriti attraverso le loro fibre, tanto più di leggieri offrono attorno la parte ferita o sezionata i più singolari invertimenti elettrici; come gli stessi organi delle torpedini, di pari guisa maltrattati, presentano le più singolari inversioni delle correnti loro proprie: mirabile efficacia delle ferite e lesioni nerveo-musculari, di travolgere e invertere le polarità e il corso del relativo elettricismo, ben meritevole di acconcie dilucidazioni galvaniche.

76. Invero il Galvani produsse le singolari esperienze ed osservazioni per le quali fece conoscere che un muscolo, sia integro o unito al corpo animale, sia reciso o separato dal corpo stesso, addivenendo a uno stretto contatto coi nervi lombari o crurali di una rana, ne risulta un particolare circuito elettro-fisiologico manifestato dalle contrazioni di questa. Quindi addimostrò che su tale muscolo discoperto, o sur un pezzo musculare, eziandio isolato, lasciando cadere i nervi crurali d' una rana, si producono, al momento di simile contatto, le contrazioni della medesima, stante uno speciale circuito analogo a quello instituito con due o più pezzetti musculari disposti ad arco su due distinti punti dei nervi predetti: foggie di esperienze estese poi

dall' Aldini anche sui muscoli degli animali a sangue caldo, addimostrando che, coll' applicare su tali muscoli discoperti, o recisi, o sulle ferite loro, il nervo crurale di una rana, si occasiona un circuito o circolo elettro-fisiologico determinante le contrazioni della rana medesima (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 281, 282, 284, 287, 288, 289, 294, 317, 322, 343. — *Saggio di Esperienze sul Galvanismo di Giovanni Aldini ec. pag.* 69, 70, 77, *ec. Bologna* 1802. *Id. Essai ec. pag.* 12, 20, 28 *ec. Paris* 1804). I quali fenomeni vennero già dal Galvani riconosciuti procedere da particolari circuiti elettro-fisiologici tra il nervo e il muscolo, avvalorati anche per l' impulso dell' uno contro l' altro, fino alla produzione delle convulsioni. Se non che in siffatti cimenti occorreva di leggieri la complicanza dell' elettrico procedente dal muscolo con quello proprio dell' usata rana galvanica; d' onde le più svariate risultanze nelle contrazioni di questa. Però il Galvani in simili prove avendo indicata la rana coi nervi recisi in prossimità della colonna vertebrale, e così, prolungati oltre la sommità delle coscie, applicabili pel loro estremo sul muscolo, ed inoltre cogli arti lasciati muniti della cute loro propria, acconcia a serbare la più squisita sensibilità nerveo-musculare, ne offriva in ciò la rana meglio galvanoscopica, ed indicante davvero l' elettricismo del muscolo sul quale cadevano i nervi. Dietro i quali fatti, rimasti mal noti, o trasandati fino all' epoca della pubblicata Collezione delle Opere Galvaniane, il Matteucci, a quest' epoca appunto, principiò, colla ordinaria sua industria, a ricercare sui muscoli discoperti e feriti, o recisi degli animali in genere, l' elettricismo fisiologico, e le relative correnti, mediante la rana galvanica, e il galvanometro moltiplicatore. Nel quale proposito torna pure in acconcio l' avvertire che la rana ridotta agli arti addominali vestiti della loro cute, come ne insegnò il Galvani, oltre la più squisita e durevole eccitabilità alle minime correnti elettriche, applicate ai suoi nervi lombari o crurali, resta all' un tempo sottratta alla complicanza di queste colla corrente propria, che difficilmente trascorre lungo o attraverso l' integumento cutaneo, in ispecie asciuttato all' esterno. Ma la rana stessa spoglia della sua cute, ossia coi muscoli a

discoperto, e ridotti alla sola gamba, comunque isolata entro tubo di vetro, fuori dal quale penda il nervo crurale, come propone il Matteucci, non resta immune dalla complicanza accennata; trascorrendo di leggieri l'elettricismo del tronco nervoso elettro-positivo alla contigua superficie musculare elettro-negativa, e di tal guisa complicandosi coll' esterna corrente applicata allo stesso tronco nervoso. Però combinando davvero i riscontri e i contrassegni della rana galvanoscopica e del galvanometro, aggiustato all' uopo, si ravvisa che i muscoli feriti o sezionati offrono sulla ferita, e attorno la sezione loro, un particolare circolo e rivolgimento elettrico, con relative correnti variamente dirette. E per tal modo riscontrasi appunto che i tessuti musculari, specialmente feriti in direzione trasversale alle loro fibre, presentano simili correnti elettriche rivolte dall' esterno all' interno, e dall' uno all' altro labbro della ferita. Così è che, mentre si ottiene una corrente elettro-positiva rivolta da ogni parte della superficie esterna del muscolo, lungo il nervo galvanoscopico o il filo galvanometrico, ad ogni punto della interna sezione del muscolo stesso, ottiensi pure una simile corrente diretta, attraverso la ferita, dal labbro superiore posto verso i tronchi nervosi, all' inferiore posto verso le parti tendinee, con facile inversione della medesima. Fenomeni elettro-fisiologici in ordine ai quali il Matteucci, avendo afferrato piuttosto quelli risguardanti la corrente rivolta dalla esterna superficie alla interna sezione del muscolo, considerò siffatta corrente musculare come distinta, per origine e procedimento, dalla galvanica batraciana. Se non che il Matteucci stesso, e il Cima pure, avvertirono le facili inversioni della dichiarata corrente musculare, rivolgentesi ora dall' esterno all' interno, ora, viceversa, dall' interno all' esterno della ferita, nel muscolo medesimo: foggie di inversioni tanto più notevoli e valutabili, quanto più ne guidano a riconoscere per esse e in esse lo stesso elettricismo fisiologico procedente lungo il tessuto fibroso, e a senso ognora delle ramificazioni nervose confluenti o divergenti; vale a dire trattarsi sempre dello stesso elettricismo fisiologico, rivolto o dai rami ai tronchi nervosi, o da questi a quelli, a norma del vario stato di integrità, o di sezione dei tessuti nerveo-musculari.

In vero siffatti tessuti quanto meglio sono preparati alla galvanica, ossia allestiti con ogni possibile loro integrità, tanto più offrono il proprio elettricismo diretto positivamente, nell'interna trama organica, dalle diramazioni ai tronchi nervosi, e da questi, per esterni archi, all'ambito musculare: maniere di procedimenti, e di circoli elettrici ben palesi, nella ordinaria rana galvanica, nei suoi arti, nei suoi muscoli, preparati in guisa da serbarne il più possibilmente integri il loro corpo e i loro estremi. Quindi avviene che gli arti addominali, disgiunti dal tronco con sezioni superiori musculari, somministrano una corrente elettro-positiva diretta dalla sommità della coscia all'estremità della gamba, presso che pari a quella che ottiensi dagli arti stessi ridotti alle sole gambe disarticolate dalle coscie, cogli estremi musculari del poplite integri. Eziandio i muscoli gastrocnemj, comunque esigui, ma i più facili ad essere separati dalle parti circostanti colle loro fibre carnose e tendinee integre o illese, somministrano una consimile palese corrente elettrica. D'altra parte gli stessi tessuti nerveo-musculari quanto più feriti, o sezionati attorno, tanto più offrono il loro elettricismo tramutato o travolto, così in intensità, come in direzione. Quindi avviene che la coscia distaccata dall'anca, e disarticolata al poplite, con sezioni musculari e tendinee, presenta una minima corrente, e rivolta or dall'estremo superiore all'inferiore, or, viceversa, da questo a quello Ove poi i muscoli siano feriti o sezionati attraverso i loro ventri presentano, nella parte corrispondente ai tronchi nervosi, l'ordinario corso elettro-positivo declinato o tendente all'inversione, ottenendosi i riscontri di una minima corrente diretta dalla superficie esterna all'interna sezionata, e talor anche, inversamente, da questa a quella. All'un tempo la parte musculare, corrispondente agli estremi tendinei, offre il suo elettricismo invertito con assai maggiore intensità e costanza, presentandone la corrente elettro-positiva rivolta dalla superficie esterna, o aponeurotica, o tendinea, alla interna, ferita o sezionata; come verificasi mediante la rana galvanoscopica, e il galvanometro moltiplicatore. Vicende di corso e di corrente, di declinazioni e di rivolgimenti dell'elettricismo fisiologico attorno le ferite, o attraverso

le sezioni musculari, per le quali avviene che gli animali i cui muscoli si prestano meglio alle preparazioni galvaniche, ossia colla maggiore possibile integrità d' ogni loro parte nervea, carnosa, tendinea, come appunto nelle rane, presentano i più regolari e costanti riscontri del loro procedimento e corso elettro-positivo, diretto, nell' interna trama organica, dai rami ai tronchi nervosi, e, per esterni archi, da questi a quelli; invece gli animali i cui tessuti nerveo-musculari, stanti le maggiori loro mutue connessioni e le organiche circostanti, mal si prestano alle accennate preparazioni, importando attorno attorno sezioni o ferite più o meno gravi, offrono in ragione delle medesime i riscontri e i contrassegni del tramutato o travolto loro elettricismo. Così è che negli animali a sangue caldo, adoperando a preparare i muscoli dei loro arti alla galvanica, occorrono di leggieri siffatte ferite colle relative vicende dei più singolari rivolgimenti e delle più notevoli inversioni elettriche. Risultanze sperimentali ed osservazioni immanchevoli che si verificano, non solo mercè le indicazioni del galvanometro moltiplicatore e della rana galvanoscopica, ma eziandio coi riscontri delle contrazioni proprie. Difatti instituendo il pretto circuito nerveo-musculare coll' addurre la estremità e sezione trasversale del nervo crurale a contatto dell' estremità e sezione trasversale dei corrispondenti muscoli della gamba, ne resta favorito l' inverso corso elettrico, come lo addimostrano le contrazioni che si riproducono all' atto di aprire siffatto circuito; inversione o riflusso elettrico attinentesi in ispecie alla accennata sezione trasversale dei predetti tessuti musculari. Efficacia delle sezioni o ferite dei musculi, nell' occasionarne o promuoverne l' inverso corso elettrico, che si attiene pure a simili vicende degli organi elettrici delle torpedini; i quali, similmente feriti o sezionati, offrono attorno le ferite, o attraverso le sezioni loro, consimili rivolgimenti o inversioni dell' elettrico loro proprio. Di vero in tali organi sezionati fu riscontrato che la parte superiore, rimasta connessa ai suoi tronchi nervosi e all' asse cerebro-spinale, somministra la corrente elettro-positiva diretta da quei tronchi all' organo stesso, mentre nell' altra parte inferiore, rimasta connessa ai tessuti aponeurotici, si raccolgono e

ravvisano superstiti traccie di correnti inverse. Foggie di osservazioni e di esperienze le quali non vennero valutate dal Matteucci nel dottrinare le correnti nerveo-musculari; sebbene questo fisico si fosse pure accorto che, maltrattato il cervello della torpedine nel sno lobo attinentesi coi nervi degli organi elettrici, ne conseguono in questi le più manifeste inversioni dell' ordinaria loro corrente (*Essai sur les Phénomènes Electriques des animaux, par Ch. Matteucci, pag.* 63, 70, *Paris* 1840. — *Id Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des animaux etc. pag.* 119, 122, 172, 180, *Paris* 1844).

77. D' altra parte le disposizioni di più pezzetti di carne musculare adattati ad arco sul nervo crurale della rana vennero discorse dal Galvani nelle sue Memorie dirette allo Spallanzani, e furono pure accennate dall' Aldini quali estreme prove elettro-fisiologiche tentate dal sommo discopritore del Galvanismo fino agli ultimi mesi di sua vita (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 315, 420. — *Saggio di Esperienze sul Galvanismo di Giovanni Aldini ec. pag.* 69, 70, *Bologna* 1802. *Id. Essai etc. tome I, pag.* 20, 28, *Paris*, 1804). Maniere di circuiti, o catene musculari, rimaste mal note e trasandate fino all' epoca della pubblicata Collezione delle Opere del Galvani; ed esse pure, non prima di tal epoca, dal Matteucci estese e variate con bella sagacia. Questo fisico davvero estese siffatte catene o pile ai muscoli spezzati degli animali così a sangue freddo, come a sangue caldo, disponendone in serie i pezzi colla superficie esterna dell' uno posta e mantenuta a contatto della superficie interna o sezionata dell' altro, e riscontrandone con ciò l' elettrico rinforzato e cresciuto a più intensa corrente. Quindi si fece a riunire, in simili pile, altrettanti analoghi pezzi musculari, come le mezze coscie tagliate trasversalmente, in ispecie delle rane, saggiandone le relative correnti alla rana galvanoscopica, e al galvanometro moltiplicatore. Dietro le quali prove, esegnite pure analogamente dal Cima, e comunque ripetute e variate, si raccoglie sempre lo stesso elettricismo galvanico procedente dai tessuti nerveo-musculari, e diretto o dall' esterno all' interno, o viceversa, ed ognora a senso delle ramificazioni nervose o confluenti, o divergenti. Il perchè,

in tali muscoli sezionati, come la corrente elettro-positiva riscontrasi rivolta dall' esterna superficie all' interna della sezione, così nelle catene o pile, fatte con simili pezzi, si ottiene la stessa corrente rinforzata pel medesimo verso: foggia di corrente che risulta tanto più cospicua, quanto più i muscoli sono recisi in direzione trasversale alle loro fibre, e quanto più trattasi dei pezzi musculari corrispondenti agli estremi tendinei. Laonde avviene che le accennate catene fatte colle mezze coscie corrispondenti alla loro sommità carnosa offrono il corso elettro-positivo diretto dall' estremo carnoso all' estremo sezionato, e meno intenso di quello proprio di simili pile allestite con pari numero delle mezze coscie corrispondenti alla estremità poplitea e tendinea; lo che ne riconferma la tendenza all' inversione dell' ordinario corso elettrico, con difetto di suo rinforzo, nei pezzi musculari delle catene o pile fatte colle mezze coscie corrispondenti alla sommità carnosa; riconfermandosi all' un tempo simile inversione assai più cospicua nei pezzi musculari delle pile allestite colle mezze coscie corrispondenti alla loro estremità poplitea e tendinosa: singolare efficacia nei pezzi musculari con estremo tendineo di invertere il corso dell' ordinario loro elettricismo, fino a somministrare le pile musculari dotate di maggior corrente. Per tutte le quali cose si conchiude che i tessuti in discorso esaminati alla galvanica, siano nello stato di loro integrità, oppure feriti o sezionati, siano disgiunti individualmente, o riuniti a catene, offrono sempre lo stesso procedimento elettrico, con varie vicende relative alla sua direzione ed intensità; direzione variabile fino all'inversa, a seconda delle ferite o spezzamenti musculari, e in ispecie nei pezzi rimasti connessi ai tendini; intensità crescente, mercè le predette catene o pile, in ragione del numero di loro parti elementari, entro un limite determinato dalla lunghezza del circuito: limite che resta ancora da precisare in simili pile fatte con gli accennati pezzi musculari, come pure nelle catene composte o di intere rane galvaniche, o dei soli arti addominali, o delle sole gambe (*Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques etc. par Ch. Matteucci, pag.* 42, 57, 60, 69, 84, 99, 104, 106, 113, 136 *ec. Paris* 1844. *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche ec. Memorie della Società*

Italiana ec. tomo XXIII, Modena 1845. — *Saggio Storico Critico Sperimentale su le Contrazioni Galvaniche e su le Correnti Elettro-Fisiologiche di A. Cima, parte terza, capo secondo, e terzo ec. Cagliari* 1846).

78. Da ultimo, in ordine ai pretti circuiti nerveo-musculari, il Galvani, dopo avere dimostrato che la semplice apposizione lievissima del nervo sul muscolo bastava al circolo elettrico produttore delle contrazioni, fece altresì conoscere che la percossa o l' urto del nervo crurale sui corrispondenti suoi muscoli, o su quelli d' altra rana, conferiva meglio a compiere e a rendere più efficaci simili circuiti elettro-fisiologici. Nel quale proposito anzi avvertì che, mentre il solo leggierissimo contatto del nervo sui muscoli corrispondenti dello stesso animale è attivissimo a risvegliarne le contrazioni, invece nel caso dell' applicazione del nervo medesimo su staccate carni giova oltremodo la percossa contro queste all' effetto galvanoscopico; argomenti svolti poi, in via storico-critica ed elettro-fisiologica, dal Grimelli e dal Gherardi con particolari loro elucubrazioni polemiche (*Giornale Letterario Scientifico Modenese tomo V, Modena* 1842. — *Aggiunta alla Collezione delle Opere del Galvani ec. Bologna* 1842. — *Storia Scientifica ed Artistica dell' Elettrometallurgia ec. pag.* 171, *Modena* 1844.). E mentre simili esperienze galvaniche risguardavano la percossa o l' urto del nervo crurale di una rana su qualsiasi tessuto musculare, comunque rilasciato, il Matteucci si fece avanti a dimostrare che, nell' atto delle contrazioni dei muscoli di una coscia d' animale, a sangue freddo o caldo, su' quali riposi il nervo di una rana galvanoscopica, ne conseguono li moti musculari di questa. Per tal guisa egli al fatto del nervo percuotentesi contro il muscolo rilasciato, con effetto elettro-fisiologico, aggiunse quest' altro fatto del nervo percosso dal muscolo contraentesi, con simile effetto della rana galvanoscopica: foggie di prove e di risultanze sperimentali variamente tentate dal Matteucci stesso, e da lui promulgate alla perfine sotto nome di contrazioni indotte, o di induzione musculare (*Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux par M. Ch. Matteucci, pag.* 69, *Paris* 1840. *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche sulla contrazione*

indotta ec. Memorie della Società Italiana Tomo XXIII, Modena 1845). Ad esame delle quali materie giova primieramente riguardare il caso della contrazione inducente promossa mediante scarica o corrente elettrica applicata ai relativi tessuti nerveo-muscolari; nel quale proposito s'addice pure il riflettere che la scarica o corrente, comunque diretta e ristretta su un breve tratto nervoso o musculare, si distende e dirama ai continui nervi e muscoli, combinata all'elettricismo loro proprio, colle relative vicende delle contrazioni; già il Valli riferì che preparata una rana galvanica ed entro la sua teca vertebrale introdotti i nervi crurali d'altra simile rana, ambedue isolate su conveniente piano, quindi comprendendo i nervi e i muscoli della prima tra un efficace arco metallico eterogeneo osservasi contrarre anche la seconda rana; l'Aldini pure notò nell'animale a sangue caldo, anzi sul corpo di un malfattore decapitato, che facendo arco mediante la pila voltaica, e applicando all'un tempo una rana galvanica lungi dalle parti ove determinasi l'azione della pila, suscitavansi le contrazioni più energiche sulla applicata rana; dietro analoghi risultamenti di fatto l'Humboldt ragionò consimili fenomeni galvanici indicandoli, e denotandoli *contrazioni* per *adduzione* colle parole seguenti del suo traduttore Jadelot, *les phénomènes galvaniques peuvent se manifester au moyen d'une chaine établie entre deux points d'un meme nerf, et par adduction, dans des organes mis en contact avec quelque partie de la chaine;* foggie di osservazioni che si attengono pure a quelle promulgate dal Matteucci e relative alle contrazioni ottenute in una rana galvanoscopica il cui nervo sia disteso sui muscoli di un'animale provocati a contrazione mediante una corrente elettrica diretta sui nervi degli accennati muscoli (*Valli Lettera XII sull' Elettricità Animale*: *Annali di Chimica ec. tomo VII*, *pag.* 232, *Pavia* 1795 — *Saggio di Esperienze sul Galvanismo di G. Aldini pag.* 28, *Bologna* 1802 — *Experiences sur le Galvanisme etc. par F. A. Humboldt etc. pag. XXXI*, *XXXVIII*, 203, 514, 518, *Paris* 1799 — *Intorno a un Fenomeno Elettro-Fisiologico etc. Foglio di Modena* 28 *Dicembre* 1842). Però in proposito di queste stesse materie

importa davvero riguardare il caso della contrazione inducente, ottenuta dal Matteucci, senza intervento di estrinseco elettricismo, ma invece dietro irritazione meccanica esercitata sui nervi crurali fino a promuovere le contrazioni dei corrispondenti muscoli, con effetto della predetta induzione nella rana galvanoscopica; singolare procedimento che ne guida a riconoscere, col Galvani, l' elettrico nerveo-musculare, nei momenti delle contrazioni, suscitato e svolto attorno con violenza repentina ossia a scarica istantanea; così è che l' elettrico galvanico, negli atti convulsivi come avviene nella rana tetanica, si riscontra attenuato dal suo corso continuo, quale scorgesi pel galvanometro, e invece si ravvisa spinto a scarica momentanea indicata appunto dalla rana galvanoscopica mercè le indotte sue contrazioni; quindi i tessuti nerveo-musculari in attualità contrattiva quanto mal si prestano a manifestare la loro corrente elettrica alle indicazioni galvanometriche, altrettanto nei momenti iniziali delle contrazioni addimostrano il loro elettricismo a scarica coi riscontri galvanoscopici. S'aggiunge che, come ne avvertì lo stesso Matteucci, la efficacia dell' induzione musculare compiesi piuttosto attraverso un sottile strato di materia coibente liquida, anzicchè attraverso un pari strato conduttore metallico, essendo già proprio delle azioni elettriche, comunque minime, il venire rinforzate da competenti interruzioni od ostacoli al loro corso, e l'andare disperse dai migliori conduttori; così è che mentre un esile velo liquido d' olio d' oliva o di trementina, interposto fra il muscolo in convulsione e il nervo soprastante, lascia pur compiere il magistero della contrazione indotta, invece se tra il muscolo e il nervo stesso trovasi un' esilissima foglia d' oro viene meno siffatto magistero di induzione convulsiva; già è noto che l' elettricismo della rana e della torpedine, attraverso adatte interruzioni di conduttori, si manifestano operosi ed attivissimi, fino alle contrazioni e alla scintilla. Stanti le quali cose scorgesi che i predetti fenomeni delle convulsioni indotte, reputati dal Matteucci quanto importanti altrettanto oscuri, si riducono ai più ovvj e plausibili principj galvanici; cioè 1.° ai principii pei quali le azioni elettriche o di scarica o di corrente, comunque dirette e ristrette su breve tratto di un tronco nervoso,

si diffondono e propagano ai corrispondenti rami musculari, cooperando, in un coll' elettricismo proprio del tessuto organico, alle relative vicende delle contrazioni inducenti e indotte, 2.° ai principii pei quali l' elettricismo nerveo-musculare, nei momenti delle convulsioni, si tramuta dal suo corso continuo manifestato dal galvanometro, rivolgendosi piuttosto a scarica istantanea che, investendo il nervo della rana galvanoscopica, ne induce le contrazioni, 3.° ai principj pei quali l' elettrico nerveo-musculare dispiega la sua efficacia rinforzata attraverso minime interruzioni di conduttori, in ciò coadjuvato altresì dalla percossa o dall' urto del muscolo contraentesi verso il sovrapposto nervo della rana galvanoscopica indotta a contrazione.

79. I discorsi circuiti galvanici, in un coi fenomeni delle contrazioni indotte, guidano quindi a riconoscere l' elettricismo nerveo-musculare, nello stato di rilassamento, costituito a corrente continua manifestata piuttosto dalle indicazioni del galvanometro moltiplicatore, anzi che dai riscontri della rana galvanoscopica, e l' elettricismo stesso nello stato di contrazione svolto a scarica istantanea appalesata piuttosto dalla rana galvanoscopica, di quello che dal galvanometro moltiplicatore. Infatti riscontrasi che la rana galvanica quanto meglio rilasciata in tutta la sua musculatora, e così introdotta nel circuito galvanometrico, tanto più offre le indicazioni della sua corrente elettrica all' ago calamitato, e invece quanto più contratta, o convulsa, o clonica, o tetanica, tanto meno presenta simili indicazioni; sebbene poi l' elettricismo fisiologico, nei muscoli rilasciati, trovisi costituito nell' accennata corrente continua, pronta ad avviarsi per archi o conduttori esterni lunghi o brevi, tuttavolta l' applicazione del nervo della rana sui muscoli rilasciati giova sia attivata dalla percossa o strisciamento del nervo stesso contro la esterna superficie musculare, all' effetto elettro-fisiologico delle contrazioni galvanoscopiche; pel quale urto o strisciamento avvengono i più stretti immediati contatti, opportuni e favorevoli al corso e al circolo elettrico, tra il muscolo percosso o strisciato, e il nervo percotente o strisciante, con l' effetto delle contrazioni della rana galvanoscopica. D' altra parte la rana galvanica,

comunque contratta o convulsa, o per lo strazio di sua preparazione, o per appositi irritamenti ai suoi nervi, introdotta nel circuito galvanometrico, offre minime o nulle le indicazioni della sua corrente all' ago calamitato; anzi disponendo, nell' accennato circuito, la rana coll' estremo dell' una coscia privata della gamba entro l' un vasetto galvanometrico, e coll' estremità dell' altra gamba entro l' altro simile vasetto, e col tronco vertebrale pendente all' esterno fra i due vasi, si riscontra che, applicando ai nervi del tronco stesso una scarica di bottiglia di leida, o una corrente voltaica, ovvero irritando meccanicamente il midollo spinale fino a promuovere le contrazioni degli arti, all' atto di tali convulsioni viene meno la indicazione galvanometrica, quale al cessare delle contrazioni si rimette allo stato di prima; vicende della corrente elettrica in discorso manifestate dal galvanometro, tanto più notevoli, quanto meno riferibili alle agitazioni degli estremi degli arti tuffati nei vasetti, le quali agitazioni senza intervento di contrazione, sogliono piuttosto rinforzare la indicata corrente. E come appunto, nello stato di contrazione musculare, l' elettricismo galvanico si riscontra venuto meno nel suo corso continuato, così si ravvisa rivolto a maniera di scarica istantanea appalesata dalla rana galvanoscopica; il perchè il nervo di questa, semplicemente applicato sui muscoli di animale qualsiasi, e questi comunque provocati a convulsione, inducono le contrazioni della predetta rana galvanoscopica; singolare procedimento di scarica elettro-fisiologica che risulta eziandio efficace attraverso sottili strati coibenti, come attraverso simili strati le più lievi scariche della bottiglia di leida risultano efficaci, sui nervi della rana galvanoscopica, a provocarne le convulsioni. Stanti le quali cose per istudiare daddovero le vicende dell' elettricismo nerveo-musculare, negli atti delle contrazioni, necessita attenersi non solo al galvanometro acconcio a indicarne le correnti continue, i loro incrementi e decrementi, ma eziandio alla rana galvanoscopica opportunissima per manifestarne le scariche istantanee comunque fuggevolissime; s' aggiungono altresì, a riconfermare la scarica elettrica musculare, i mezzi reelettrometrici o magnetoscopici, quali appunto gli indizj di

magnetizzazione degli aghi di ferro o d' acciajo infissi o sovrapposti sui muscoli in attualità di contrazioni; se non che il Matteucci avendo confidato piuttosto sui riscontri galvanometrici, anzi che sui galvanoscopici, per riconoscere lo sviluppo elettrico nei muscoli in atto di contrazione, lasciò quindi i fenomeni elettro fisiologici delle induzioni nerveo-musculari avvolti fra le maggiori oscurità ed ambagi (*Traité des Phenomenes Elettro-Physiologiques etc. pag.* 135, 141, *Paris* 1844. *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche ec. Memorie della Società Italiana ec. tomo XXIII, Modena* 1845).

80. Il dichiarato elettricismo galvanico si produce ed agisce, mediante diverse parti organiche ed inorganiche connaturate e disposte a mutuo intreccio, e quindi si commuove e svolge ad azione, non solo negli atti del chiuderne e dell' aprirne i circuiti, ma eziandio nei momenti dello stringerne e crescerne, dell' attenuarne e diminuirne i contatti, ovvero anche del variare o tramutare comunque l' apposizione o giacitura di una o più di quelle parti. E già i circuiti compiti sui tessuti nerveo-musculari, con archi metallici, addimostrano la efficacia elettro-fisiologica loro propria, non solo negli atti e nei momenti del chiuderli e dell'aprirli, ma altresì in quelli delle semplici rimutazioni di contatto fra le parti organiche e le metalliche, o fra le metalliche e le metalliche, specialmente di arco eterogeneo; infatti qualora, dietro l'applicazione ai nervi o ai musculi di siffatto arco, sono cessate le contrazioni, basta smuovere o agitare alcun poco il circuito in guisa che striscino i tessuti organici contro i metalli, o l' un pezzo metallico contro l'altro, per occasionare e riprodurre all' istante le contrazioni; anzi egli è notevole che, ove pur restino fermi gli estremi metallici eterogenei sui tessuti organici, e si facciano strisciare fra loro gli altri estremi, ne conseguano gli ordinarj effetti elettro-fisiologici. Simile efficacia dei tramutamenti dei contatti, nei circuiti galvanici, si riconosce altresì nell'arco metallico omogeneo strisciante contro i nervi o i muscoli; così è che gli egregi Professori Puccinotti e Pacinotti, nel rintracciare sugli animali le correnti elettriche, coll' infiggere gli estremi del Galvanometro l' uno entro il cranio, l' altro nella coscia dell' animale vivo, osservarono non

di rado che, mantenendo il circuito chiuso, si facevano nei momenti di convulsione dell' animale maggiori le declinazioni dell' ago calamitato; maniere di rinforzi tanto più riferibili alle agitazioni o strisciamenti dei tessuti organici sugli infissivi estremi galvanometrici, quanto più si verifica che i tessuti nerveo-musculari, nello stato di contrazione, sottraggono la loro corrente al circuito del galvanometro, riducendola piuttosto a una scarica appalesata dalla rana galvanoscopica. Anche i materiali umidi, facendo arco specialmente sui nervi, e strisciando contro i medesimi, valgono a promuovere il circolo elettro-fisiologico manifestato dalle contrazioni dei corrispondenti muscoli; infatti applicando e smovendo il nervo crurale della rana galvanica su qualsiasi corpo umido, acconcio conduttore elettrico, si ottengono di leggieri le contrazioni de suoi muscoli; anzi basta distendere la rana ben fresca e vigorosa su piano inumidito, e agitare il piano stesso, così che striscino alcun poco contro esso i tessuti nervo-musculari, per osservarne le contrazioni. Per tali modi occorre di leggieri che nella rana galvanica gli archi più omogenei, intervenienti fra nervi e muscoli, ed anche sui soli nervi, in ispecie con strisciamenti sui tessuti organici, riescano ad occasionare il circolo elettro-fisiologico; quindi dietro simili contingenze, non bene avvertite, fu pur creduto che al solo toccare i nervi, mediante corpo conduttore senza determinato arco, si commuovesse l' elettrico galvanico fino alla produzione delle contrazioni; ma in proposito vuolsi piuttosto dichiarare la acconcezza di qualsiasi arco omogeneo avvalorato dagli strisciamenti, contro anche i soli nervi, per occasionare e promuovere i circuiti elettro-fisiologici galvanici (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 187, 286, 288, 427). Che se si considera il pretto circuito organico instituito adducendo il nervo crurale a contatto immediato dei muscoli corrispondenti, si riscontrano eziandio in siffatto circuito i semplici tramutamenti di contatto valevoli ai relativi effetti elettro-fisiologici; invero tali effetti, ove manchino nel portare i musculi della gamba a un contatto fermo sul nervo crurale, si producono di soventi strisciando contro il nervo stesso il muscolo gastrocnemio, o dal suo ventre verso

il tendine, o da questo a quello; inoltre portando la sezione trasversale della gamba recisa presso il piede, al contatto del nervo e strisciandola lungo il medesimo, ne risultano le più vigorose e reiterate contrazioni. La quale efficacia elettro-fisiologica propria degli strisciamenti o rimutamenti di contatto, tra nervo e muscolo, merita ognora di essere riguardata in ordine alle contrazioni che si producono nella rana galvanica e galvanoscopica il cui nervo crurale si fa cadere sopra carni staccate ed altresì isolate, ed in ordine agli stessi effetti indotti dai muscoli in atto di contrazione sulla rana medesima; egli è infatti palese, in simili casi, il contatto per appulso e strisciamento del nervo contro il musculo oltremodo acconcio ai più reconditi ed occulti circuiti galvanici, e al più spedito corso del relativo elettrico; s' aggiunge che nel caso del nervo percuotentesi contro il muscolo rilasciato l' elettricismo di questo trovasi disposto al suo corso a maniera di corrente pronta ad avviarsi per archi esterni, e che nell' altro caso, del nervo medesimo percosso dal muscolo contraentisi, l'elettrico di questo svolgesi piuttosto a foggia di scarica momentanea, la quale, investendo i nervi della rana galvanoscopica, riesce a indurla a contrazione. Stante la discorsa efficacia dei rimutamenti di contatto, fra parti e parti nerveo-musculari, il Galvani fu condotto ad additare negli agenti meccanici per urto o pressione, per distendimento o divisione, sui nervi e sui musculi, un corrispondente repentino tramutato circolo elettro-fisiologico colla sequela delle contrazioni musculari; maniera di circolo che riscontrasi pur favorito sui tessuti nerveo-musculari alquanto assodati o irrigiditi, o per evaporazione o per freddo, restando così più capaci di ritenere le impressioni meccaniche, o i relativi tramutamenti di contatto; quindi avviene che la rana galvanica, per evaporazione de' suoi tessuti alquanto assodata ne suoi muscoli, percossa o urtata in qualche parte dei medesimi, offre i più singolari lenti moti contrattivi; nel freddo jemale poi si riscontra farsi di leggeri, sotto lo strazio di sua preparazione, oltremodo convulsiva fino a serbarsi straordinariamente e a dilungo tetanica. Però vuolsi confidare ai futuri progressi della Fisiologia sperimentale il riconoscere, in ogni

possibile estensione, sì mirabile magistero meccanico pel quale i circuiti nerveo-musculari ed elettro-fisiologici risultano capaci delle contrazioni; foggie di circuiti tanto più mirabili quanto più si considera, che i più piccoli urti o le più lievi pressioni, momentaneamente esercitate sui cordoni nervosi, con corpi siano conduttori, siano coibenti dell' elettrico, riescono a promuovere nei corrispondenti muscoli le contrazioni loro proprie; argomenti in proposito dei quali fia sempre utile il riportarsi alle originali osservazioni del Galvani tanto di leggieri trasandate o travolte (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 239, 242, 264, 266, 380 — *Becquerel Traité de l'Electricité etc. tome IV. pag.* 282, 292, *Paris* 1834).

81. L' elettricismo galvanico attivissimo, nei suddetti circuiti di parti diverse organizzate e disposte a mutuo contatto, come si addimostra efficace alla sua maniera pei semplici mutamenti di contatto, così addiviene operosissimo dietro l'azione o l' intrusione fra quelle parti di materiali abili ad insinuarsi fra le medesime, quali appunto i mestrui chimici. Già fu riconosciuta la potente efficacia degli accennati mestrui sui circuiti idrometallici per tramutare le facoltà elettromotrici delle varie loro parti, or con aumento or con decremento delle relative correnti elettriche; quindi gli agenti chimici investendo i tessuti nerveo-musculari, e tramutandone di leggieri le facoltà elettro-fisiche o elettro-fisiologiche, occasionano all' un tempo un corrispondente circolo galvanico produttore delle contrazioni; lo che interviene tanto più quanto più trattasi di mestrui capaci di modificare variamente le diverse parti organiche nervee, operando in tal modo sulle medesime colla sequela delle contrazioni nei corrispondenti muscoli. E per verità riscontrasi che nell' azione di simili agenti sui nervi intervengono particolari tramutamenti fisico-chimici prevalenti or piuttosto su l' una or piuttosto su l' altra parte nervea esterna o interna, e per tal guisa acconci a speciali mutamenti del circolo elettro-fisiologico; infatti verificasi che gli agenti fisico-chimici quanto più operosi di preferenza sull' esterno nevrilema anzicchè sull' intima nevrina, o viceversa piuttosto su questa che su quello, tanto più riescono ad indurre gli accennati tramutamenti cogli effetti delle contrazioni musculari; così è che le

soluzioni di acido idroclorico operose di preferenza sull' involucro nevrilematico fino a disciogllerlo assodandone invece la nevrina, e viceversa le soluzioni di potassa operose di preferenza sulla nevrina che sciolgono, indurandone invece il nevrilema, valgono applicate ai nervi ad occasionare e promuovere le più insistenti contrazioni dei rispettivi muscoli; fra i varj agenti in discorso, eziandio allo stato solido applicati sui nervi, e più capaci di simili foggie di contrazioni, si riscontra pure il cloruro sodico, che immediatamente sovrapposto ai cordoni nervosi, si insinua ad indurarne il nevrilema, e ad ammollirne la nevrina, provocando le più continuate contrazioni degli arti addominali a forma clonica, peristaltica, vermicolare. E questi stessi agenti chimici i quali applicati, in minima estensione, sui nervi dispiegano gli accennati effetti, sovrapposti in maggiore estensione sui muscoli, riescono a suscitare pari effetti di contrazioni; così è che l' acido idroclorico, la potassa caustica, il cloruro sodico, diretti ed applicati immediatamente sui muscoli, ne eccitano le indicate forme di contrazioni; maniera di efficacia elettro-fisiologica che si ravvisa poi favorita, almeno negli animali a sangue freddo come le rane, da una temperatura piuttosto elevata, riscontrandosi i loro tessuti nerveo-musculari meglio eccitabili ai predetti stimoli d' estate, anzicchè d' inverno. I più attivi agenti fisico-chimici quali gli acidi forti solforico o nitrico, alterando e scomponendo tanto il nevrilema quanto la nevrina, comunque applicati ai nervi o ai muscoli, invece di provocare a reazione piuttosto estinguono la facoltà motrice nervea-musculare; il perche scorgesi che i mestrui più abili a tramutare inegualmente le varie parti organiche, e specialmente il nevrilema e la nevrina, risultano efficaci a guisa di stimoli, provocatori delle contrazioni, nei corrispondenti muscoli; però, dietro le accennate viste galvaniche, vuolsi lasciare ai futuri progressi della fisiologia il riconoscere fino a qual punto gli agenti fisico-chimici dispieghino, mediante particolari circuiti elettro-fisiologici, la loro azione irritativa o stimolante.

82. I discorsi circuiti nerveo-musculari, ed elettro-fisiologici addimostrati dal Galvani, e da suoi seguaci, sugli animali

a sangue freddo ed in ispecie sulle rane, quali prove e riprove di un particolare elettricismo originario ed intrinseco dei tessuti organici, sono pure stati riconosciuti negli animali a sangue caldo, con somiglievoli risultati ed analoghe conseguenze di elettricità organico-vitale (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 74, 97, 151, 165, 167, 200, 202, 237, 294, 305, 365). Nel quale proposito, ripigliando gli argomenti dagli archi metallici eterogenei, il Galvani avvertiva che, *due pezzi di foglia metallica l' uno di stagno, d' ottone l' altro, ambi quadrati ciascuno di una sola linea di Parigi, cioè contenenti una minima elettricità, eccitano le contrazioni, e queste gagliardissime, egualmente in una gamba di una rana, che in quella di un pollo, di un' agnello, di un vitello, di un cavallo, di un' uomo;* quindi egli argomentò che, come le suddette foglie applicate ad arco sul nervo crurale riescono a promnovere in ognuno degli accennati animali simili effetti, così necessita riguardarne il magistero elettro-fisiologico, occasionato dall' efficacia dell' arco metallico, per elettrico procedente dai tessuti nerveo-musculari; inoltre dichiarava consimili effetti assai intensi, applicando, negli stessi animali vivi o di recente sgozzati, la foglietta di stagno all' estremo reciso del nervo, e quella di ottone ad un muscolo della gamba, compiendo il circuito col ripiegare il nervo in guisa che la applicatagli foglia venga a contatto con l' altra di ottone; per le quali maniere di osservazioni ed esperienze si è poi avviati a riconoscere che, nei maggiori animali a sangue caldo, costituiti nello stato del massimo vigore fisiologico, stante la copia dell' elettricismo loro proprio, qualora si combinano per lo stesso verso il corso elettrico nerveo-musculare galvanico, e l' idrometallico voltiano, ottengonsi le maggiori contrazioni musculari e indicazioni galvanometriche, colla opportunità di un circolo elettrico efficace a vincere le adatte interruzioni di circuito fino ad ottenere all' uopo anche la scintilla. E gli archi metallici più omogenei applicati, o sui soli nervi, o su nervo e muscolo degli stessi animali a sangue caldo, ben vivaci e vigorosi, e all' un tempo costituiti in istato di rilassamento musculare, riescono essi pure a promuoverne il

circolo elettro-fisiologico, manifestato dalle relative contrazioni; così è infatti che il nervo crurale di un coniglio, isolato dai tessuti circostanti e reciso sulla sommità della coscia, poggiandolo lievemente, o lasciandolo cadere, su una lamina metallica omogenea ed asciutta, sia delle meno ossidabili come di platino, sia delle più ossidabili come di zinco, compie di leggieri, fra i varj suoi punti di contatto, il circuito dell' elettrico nerveo-musculare, appalesato dalle contrazioni della gamba; che se la stessa lamina metallica, col soprastante nervo, portasi a contatto di altra simile lamina applicata sui prossimi muscoli sè ne ottengono le contrazioni tanto più vigorose quanto più estesa la lamina sui muscoli, cooperando essa efficacemente al corso e circolo elettro-positivo dai muscoli ai nervi, e da questi, attraverso l'arco metallico, a quelli. Anche i materiali umidi o agenti chimici, applicati immediatamente sui nervi, o interposti fra nervi e muscoli degli animali in discorso, riescono a provocarne le più manifeste contrazioni; invero il cloruro sodico posto sui soli nervi, ovvero disposta la soluzione del medesimo fra l' estremità del tronco crurale e il muscolo gastrocnemio, se ne provocano le più energiche contrazioni; inoltre distaccati, l' estremo superiore del nervo crurale, e l' inferiore del muscolo gastrocnemio, e lasciati pendere dalla gamba in guisa che si appressino alla superficie di pura acqua tepida, all' atto del compiere il contatto ne consegue il circolo elettro-fisiologico colle solite contrazioni. Eziandio il pretto circuito nerveo-musculare, instituito sugli animali a sangue caldo, ne offre gli stessi riscontri di circolo elettro-fisiologico galvanico; già l' Aldini, dopo avere sperimentato nelle rane le varie foggie di contatto immediato dei nervi coi muscoli crurali, si fece avanti ad instituire simili circuiti, negli uccelli e nei quadrupedi, con pari effetti elettro-fisiologici di contrazioni musculari; quindi riferì di avere riscontrato, fra gli uccelli, le anitre, e fra i quadrupedi i coniglj, come i più adatti alla conveniente preparazione del nervo ischiatico e suo ripiegamento ad arco sui muscoli della coscia o della gamba, colla sequela degli accennati effetti; di tal guisa riscontrò chè, staccato l' arto dall' animale, e separatone il tronco nervoso crurale fino al poplite, e ripiegato il tronco stesso ad arco,

portandone il suo estremo a contatto immediato dei discoperti muscoli della coscia o della gamba, si producono immantinenti le più vigorose contrazioni; all' un tempo avvertì che disteso il preparato nervo sopra una lamina di vetro, ed applicato alla sua estremità un pezzetto di muscolo addotto altresì in comunicazione coi muscoli della coscia, ottengonsi pure gagliarde le contrazioni; s' aggiunge a tali risultamenti dell' Aldini che la stessa estremità nervosa ripiegata, fino a portarla al contatto della sezione trasversale del muscolo gastrocnemio presso il maggior suo tendine, riesce al circolo elettrico con effetto delle contrazioni, tanto al chiudere quanto all' aprire siffatto circuito (*Lettre de M. Aldini au Prof. Süe etc. dans l'Histoire du Galvanisme etc. Quatrieme partie*, *pag.* 279, *Paris* 1805 — *Sul Potere del solo arco animale nelle contrazioni musculari*: *Esperienze Galvaniche fatte dal Signor Giovanni Aldini ec. Nelle Memorie della Società Italiana ec. Tomo XIV*, *parte II. pag.* 329, *Verona* 1809). Gli accennati tessuti musculari degli animali a sangue caldo dispiegano pure, tanto nello stato di rilasciamento, e specialmente attraverso le loro ferite, quanto nell' atto di loro comunque promossa contrazione, e sull' esterna integra superficie, dispiegano una particolare efficacia elettro-fisiologica galvanica; così è infatti che, discoperta e ferita una parte musculare della coscia di pollo o di coniglio, ed applicato attraverso la ferita il nervo della rana galvanoscopica, si ottengono le contrazioni di questa; d' altra parte, sulla superficie integra degli accennati muscoli, applicando il nervo della rana, e comunque eccitando a contrazione i muscoli stessi, si induce a contrazione la rana galvanoscopica; maniere di fenomeni che addimostrano nei tessuti in discorso, o rilasciati e feriti, o integri e in contrazione, lo sviluppo dell' elettricismo loro proprio, a corrente o scarica, che, invadendo i prossimi nervi della rana, ne suscita le contrazioni. E in proposito di simile induzione nerveo-musculare, quale compiesi eziandio attraverso strati coibenti abili a rinforzarne l'elettricismo, si raccolgono pure osservazioni le quali ne guidano a ravvisare gli organi di un animale a sangue freddo o caldo, negli atti di loro contrazioni, valevoli a comunicare,

alle parti irritabili e sensibili d' altro animale, particolari commozioni e sensazioni, state già avvertite fino a riguardarle analoghe a quelle promosse dalle torpedini o dai pesci elettrici; così è che, sotto lo strazio delle vivesezioni animali, toccando immediatamente o mediatamente i muscoli più agitati e convulsi, ovvero stringendo fra le mani l' arto animale in maggior fremito convulsionario, od anche impugnando un intero animaletto, come avvenne al Cottunio nel sezionare un sorcio vivo, si risente di leggieri nella mano una particolare commozione e sensazione, più o meno estendentesi lungo il braccio, e più o meno molesta e fastidiosa; foggia di commozione e sensazione, reputata di origine elettrica, che suole pure investire le braccia allorchè una bestiuola rattenuta fra le mani, ed irritata, sfugge dalle medesime con salto repentino, come occorse al Vassalli e al Tonso, nel cimentare gli animali domestici cani e gatti, con intendimento di riconoscere un elettricismo loro proprio: di pari guisa le anguille vive, strette fra le mani e divincolantesi tra le medesime, occasionano tale commozione o intorpidimento alle braccia, indicato esso pure analogo a quello promosso dal ginnoto elettrico; stanti le quali cose fia oltremodo interessante al Fisiologista il ricercare e precisare, in ogni possibile realtà ed estensione, simili fenomeni per li quali si ravvisa che il magistero nerveo-musculare di contrazione di un animale risulta, in alcune circostanze, capace di occasionare o indurre simile magistero in altro animale (*Teoria e Pratica dell' Elettricità Medica ec. tradotte dall' Inglese ec. da Gio. Vivenzio, pag.* 157, *Napoli* 1784 — *Memorie Fisiche di Anton. Maria Vassalli ec. pag.* 140, *Torino* 1789 — *Biblioteca Torinese, tomo II, pag.* 162, *Torino* 1792).

83. Ad ogni modo conchiudesi, dietro le magistrali scoperte del Galvani, che i tessuti nerveo-musculari degli animali in genere, per ogni guisa disaminati, risultano forniti di un elettricismo loro proprio, manifestantesi nello stato così di rilassamento come di contrazione. Elettricismo che si riconosce mediante i circuiti galvanici d' ogni guisa, instituiti sui nervi e sui musculi, coi riscontri di un particolare circolo elettro-fisiologico. Laonde poi ne rimane a raggiungere, e a

disvelare, per quanto sia possibile, le intime ed estreme comunanze ed analogie fra le azioni, le correnti, i circoli elettrici, e le azioni, le correnti, i circoli dell' azione nervea. Estreme ricerche tanto più ardue, quanto maggiore è l' arcano fisico dell' azione elettrica, e quanto più recondito l' arcano fisiologico dell' azione nervea, reggitrice suprema delle funzioni organico-animali. Argomenti gravissimi che il Galvani stesso volle confidati ai futuri progressi dell' Elettro-Fisiologia, ed ognora bisognosi e meritevoli dei più accurati e diligenti studj.

ARTICOLO QUINTO

Elettricismo nerveo-musculare, in ispecie della rana galvanica, esaminato nella sua origine ed indole, procedimento e tensione, vicende e durata.

84. L' elettricismo organico-vitale discoperto e dimostrato dal Galvani, nei tessuti nerveo-musculari degli animali in genere, si produce e manifesta, entro i tessuti stessi, diretto positivamente dalle diramazioni verso i tronchi nervosi, e rivolto da questi, per archi esterni, a quelle. Procedimenti e circoli elettro-fisiologici che risultano all' un tempo confermati, mediante i riscontri delle contrazioni, e le indicazioni galvanometriche, negli animali così a sangue freddo come a sangue caldo. Di tal guisa il Nobili inteso, pel primo, a ricercare col suo galvanometro le varie sorgenti elettro-dinamiche, e tentatene quindi le prove anche sulla rana galvanica, ne distinse e denotò il raggiunto elettricismo, in via fisica, col concetto e col nome di *corrente propria della rana*, diretta dai piedi, lungo gli arti, verso la testa dell' animale. Dietro le quali norme di osservazione e di esperienza il Matteucci, fattosi ad indagare simile elettricismo, con più estese prove, riferì di averlo riscontrato nel solo rettile galvanico, adottando così, in via fisiologica, il concetto e il nome di *corrente propria della rana*, ossia tutta caratteristica di questo animale; se non che il Matteucci stesso annunciò, in seguito, di avere pure riconosciuto negli animali in genere, anzi in ogni tessuto musculare, l' indicato elettricismo procedente, nell' interno dei muscoli, dalla estremità aponeurotica o tendinea alla carnosa

o nervea, e rivolto da questa, per archi esterni, a quella, denotandolo ognora col nome vaghissimo di *corrente propria* (*Fenomeni Fisico-Chimici dei Corpi Viventi*, *Lezioni di Carlo Matteucci*, *Lezione X*, *pag.* 142, *Pisa* 1844. — *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche* ec. *Memorie della Società Italiana*, *tomo XXIII*, *Modena* 1845). Inoltre lo Sperimentatore medesimo si fece ad annunciare di avere altresì riscontrato in ogni muscolo, ferito o sezionato, un altro corso elettrico diretto positivamente, entro il tessuto organico, dalla superficie recisa o interna, all' opposta integra o esterna, e da questa rivolto, mediante esteriori archi, alla predetta superficie sezionata; per tal guisa dichiarò assolutamente distinte l' una corrente, detta *propria*, manifestata dalla rana e dagli animali in genere, nei loro muscoli integri preparati alla galvanica, e l' altra corrente detta *musculare* appalesata dai muscoli stessi feriti o sezionati, divisi o spezzati, attraverso; ma alla perfine lo stesso Matteucci convenne nel riconoscere gli accennati due corsi elettrici soggetti alle medesime leggi e vicende, abbandonando la assoluta distinzione delle prefate due correnti, e riducendole piuttosto a modi diversi, l' una dell' altra (*Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux par Ch. Matteucci*, *Paris* 1844. — *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche* ec. *Memorie della Società Italiana*, *tomo XXIII*, *Modena* 1845). In fra i quali notevoli discorrimenti elettro-fisiologici, con varia fortuna promulgati ed accolti, necessita ognor più il farsi ad esaminare l' elettricismo nerveo-musculare galvanico in tutta la possibile estensione, cioè nella sua origine ed indole, procedimento e tensione, vicende e durata; argomenti tracciati già, con grande solerzia, dallo stesso discopritore del Galvanismo Fisiologico, segnando anche in ciò le vie agli ulteriori progressi scientifici; quindi, dietro sì luminose traccie, giova farsi avanti nell' esame e nello studio di simili materie gravissime, attenendosi alle più sicure norme di osservazione e di esperienza (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 110, 111, 143, 146, 160, 184, 201, 272, 273, 284, 303, 304, 308, 333, 345, 384, 387, 402, ec.).

85. La origine dell' elettricismo nerveo-musculare fu riposta dal Galvani in uno speciale magistero fisiologico tanto arcano, nella sua intrinsechezza, quanto lo resta finora ogni altro magistero organico-vitale. Però, fino dalle prime sue ricerche, si fece ad argomentare nella funzione e conflitto tra la sostauza sanguigna e la nervea dei centri encefalici, la probabile scaturigine di un particolare elettricismo, diffuso ed irradiato lungo i nervi in ogni tessuto musculare; per tal guisa riguardò, nei nervi stessi, la facoltà di accogliere quell' elettricismo e di ritenerlo entro i muscoli, eziandio dopo la loro separazione dei centri encefalici. Ma il Galvani medesimo, nel seguito delle sue osservazioni ed esperienze, accennò pure nei tessuti in discorso, come inerente alla loro struttura organica, un particolare magistero di produzione elettrica tra la sostanza nervea e la carnea; anzi per siffatto magistero, con ripartimento e corso di elettricismo analogo a quello dei coibenti armati, ragionò nei suoi circuiti elettro-fisiologici i fenomeni e le vicende delle contrazioui e dei rilassamenti musculari; quindi dichiarò lo stato elettro-positivo procedente dalla sostanza nervea o dai cordoni nervosi, e l' elettro-negativo proprio dalla sostanza carnea, accennando una corrente continua nel rilassamento, e una scarica istantanea nella contrazione dei muscoli. Laonde scorgesi che il Galvani intese ognora a derivare dallo stato organico-vitale il ragionato elettricismo, riguardandolo altresì procedente di pari passo colla forza nerveo-musculare; in fatti egli ne additava, quali riscontri comuni di tale forza e del relativo elettrico, le contrazioni promosse coi noti circuiti elettro-fisiologici; foggie di circuiti nei quali si ravvisavano realmente comuni le origini, i procedimenti, le vicende della forza nerveo-musculare e dell' elettricismo galvanico.

86. Che se l' esimio nostro Fisico il Nobili, nell' addimostrare pel primo la corrente elettrica della rana, mercè i combinati riscontri e contrassegni delle contrazioni proprie, e delle indicazioni galvanometriche, dubbiò intorno alla verace origine fisiologica di siffatto elettricismo, accennandolo piuttosto di provenienza fisica, egli mal s' appose nel reputare discorde il procedimento della forza nerveo-musculare, con quello

dell' indicata corrente (*Memorie ed Osservazioni ec. del Cav. L. Nobili ec. pag.* 75, 151, *Firenze* 1834). Invero egli si affrettò nell' argomentare tale discordia per avere osservato che la rana, introdotta nel circuito galvanometrico, cessa ben presto dall' offrire le sue contrazioni al corso del proprio elettrico, mentre continua anche a dilungo nel manifestare il corso stesso mediante le indicazioni dell' ago calamitato; però la rana galvanica, finchè resta capace delle convulsioni in virtù della propria corrente, offre all' un tempo le maggiori indicazioni galvanometriche, e addivenuta inabile a quelle contrazioni presenta altresì minorate le indicazioni al galvanometro stesso; pel quale simultaneo scadere della forza nerveo-musculare, e della corrente della rana, avviene appunto che cessano le contrazioni suddette, continuando pure il residuo corso elettrico a riescire palese, mercè la costante sensibilità dell' ago calamitato. Ma frattanto la rana medesima serba la facoltà elettro-fisiologica alle convulsioni, ossia la irritabilità all' elettrico applicatole in conveniente misura, svolgendo di pari passo la corrente sua propria; anzi riscontrasi che i tessuti nerveo-musculari, quanto più dotati di irritabilità all' elettrico, tanto più risultano abili a manifestare la propria corrente alle indicazioni galvanometriche, e la loro scarica ai riscontri galvanoscopici: viceversa i tessuti stessi, quanto meno forniti di siffatta irritabilità, tanto meno riescono capaci di corrente al galvanometro moltiplicatore, e di riscontri alla rana galvanoscopica; giusta le quali cose scorgesi procedere parimenti il vigore fisiologico dei tessuti nerveo-musculari, e lo sviluppo dell' elettricismo loro proprio. Laonde tale elettricismo si appalesa di origine organico-vitale, anzi che di provenienza fisica, o termo-elettrica, come fu supposto dal Nobili; supposizione di una ineguale temperatura, per diversa evaporazione sù nervo e sù muscolo, con sequela di corrente elettrica, che venne pure rifiutata dallo stesso Galvani; s' aggiunge che la corrente della rana, a differenza delle termo-elettriche, come a tal proposito bene avvertiva il Matteucci, trapassa di leggieri i mezzi umidi, eziandio con effetti elettro-chimici, producesi altresì nei tessuti organici sommersi entro l' acqua, e si riconosce tanto meglio al galvanometro, quanto più ne è esteso

il filo conduttore (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 284. — *Nobili Memorie ed Osservazioni ec. Vol.* 1, *pag.* 152 — *Matteucci Essai etc. pag.* 127. *Traité etc. pag.* 83. *etc.*).

87. Ma lo stesso illustre Matteucci, dopo avere dichiarata la origine della corrente elettrica della rana, tanto fisiologica quanto lo è quella della torpedine, nel ragionare poi l'elettricismo d'ogni tessuto musculare intese derivarlo dai processi fisico-chimici della nutrizione, sostenuti dalla circolazione sanguigna e dalla respirazione ossigenante, anche senza il concorso dell'azione nervea, almeno cerebro-spinale; per tal modo il Matteucci e il Cima riguardarono il sangue qual mestruo chimico, l'intima fibra carnea come il materiale ossidato costituito in istato elettro-positivo, e i nervi, in un coi tendini e gli esteriori involucri musculari, meno soggetti all'azione chimica sanguigna, ridotti a stato elettro-negativo; in simil guisa dichiararono procedere dall'intima compage dei tessuti musculari, alla loro superficie esterna, una corrente elettro-positiva, in ordine alla quale ridussero così i nervi come i tendini, a conduttori abili a rivolgerla dall'interno all'esterno dei musculi; (*Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux par M. Ch. Matteucci pag.* 83, *Paris* 1840. — *Id. Traité des Phénomènes Electro-Physiologiques des Animaux etc. pag.* 127, 167, 257, *Paris* 1844. — *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche etc. Memorie della Società Italiana etc. tomo XXIII, Modena* 1845. — *Saggio Storico Critico Sperimentale su le Contrazioni Galvaniche e sulle Correnti Elettro-Fisiologiche di A. Cima, Cagliari* 1846). Nei quali propositi necessita immediatamente avvertire, che la vita animale si compie, e sussiste, pel combinato simultaneo esercizio dell'azione nervea, della circolazione sanguigna, della respirazione ossigenante, e che, al sopprimersi di una di tali funzioni, vengono meno anche le altre, risultandone così la morte in ogni animale, tanto a sangue freddo, quanto a sangue caldo; elementari principj fisiologici, che restano postergati nel volere indipendentemente dall'azione nervea, o cerebro-spinale, o ganglionare-trisplancnica, ragionare la circolazione sanguigna, e la respirazione ossigenante, la nutrizione

musculare, e i relativi fenomeni elettro-fisiologici; s'aggiunge che, dietro simili trascorimenti fisiologici, il Matteucci s' avventurò a dichiarare la torpedine, col circolo sanguigno distrutto, non abbastanza morta *(n' est pas assez morte)*, e il Cima dichiarò vive le rane anche ore dopo ridotte, per resecazione del cuore e dei polmoni, alla estrema soppressione del circolo e del respiro, riguardando poi, in tale stato, una superstite nutrizione alimentatrice dell' elettricismo galvanico. *(Matteucci Essai etc. pag.* 63, *Id. Traitè etc. pag.* 171. *etc.* — *Cima Saggio Storico Critico Sperimentale ec. pag.* 58, 97, 137, *ec.)*. Ma il fatto è che l'animale, comunque sia tratto a morte per soppressione primitiva o dell' azione nervea cerebro-spinale o del circolo sanguigno o del respiro ossigenante, in ogni caso, colle cessate o superstiti azioni dei nervi sensorj o motori, procedono di pari passo le cessate o superstiti capacità e facoltà elettro-fisiologiche; così è che, nelle torpedini, sopprimendo la funzione cerebro-spinale, o togliendone comunque la relazione cogli organi elettrici, viene meno o cessa presto ogni loro corrente, e che nelle rane, finchè sussiste l' azione nervea, motrice musculare, sussiste di pari passo l' elettricismo loro proprio; dietro i quali procedimenti si riscontra siffatto elettrico attenersi piuttosto alla forza e all' azione nervea, anzicchè alla circolazione sanguigna, alla respirazione, alla nutrizione. Che se l' elettricismo della rana galvanica, e dei tessuti musculari in genere, si produce ed appalesa nei tessuti stessi, anche spogliati dei loro più cospicui tronchi e accessibili rami nervosi, resta sempre l' intima compage nerveo-musculare quale scaturigine del superstite elettrico; anzi in proposito merita di essere avvertito, che i tessuti musculari, intrinsecamente più forniti di nervi, quali appunto gli arti addominali della rana, e specialmente i muscoli della gamba e del piede, ove và a rifondersi la massima parte dei nervi crurali, presentano in ogni caso il maggiore sviluppo e circolo di elettricismo galvanico; quindi, da ciò, il procedimento elettrico delle catene musculari composte, o coi soli arti addominali, o colle sole coscie, o colle sole gambe delle rane, o coi soli muscoli gastrocnemj, o con sezioni di simili parti, o d' altri muscoli, riscontrandosi in

tal modo il maggiore elettrico nelle catene, o pile, fatte colle gambe delle rane o coi suoi muscoli gastrocnemj. Che se, come fù riguardata indipendentemente dal sistema nervoso la irritabilità alleriana, così ne piacesse considerare le facoltà elettro-fisiologiche dei muscoli, resterebbe pure siffatta irritabilità strettamente rannodata alle facoltà elettro-fisiologiche musculari; quindi, anche per tal modo, si riconoscerebbero attenersi alla speciale forza fisiologica irritabile dei muscoli, anzichè ai processi fisico-chimici sanguigni, le facoltà elettriche galvaniche; però indipendentemente dai nervi non furono giammai verificati i fenomeni galvanici, e già corsero oltremodo errate le conclusioni di coloro che reputarono il crassamento del sangue, per influsso di correnti elettriche, capace di fenomeni elettro-fisiologici, a modo di contrazioni e di rilassamenti (*Histoire du Galvanisme etc. par Sue etc. Troisième Partie*, *pag.* 271, 2t0, 301, *Paris* 1805).

88. S' arroge che la pregressa vita delle rane galvaniche, con riposo o accumulamento dell' azione nervea, e con consumo o dispersione dei materiali sanguigni, risulta opportuna, nei preparati tessuti nerveo-musculari, a manifestare i loro fenomeni di intrinseco elettricismo. Infatti le rane, dietro il sopore jemale, passando ai primi tepori vernali, comunque estenuate, coi tessuti esangui, pallidi, bianchiccii, offrono i maggiori riscontri di elettricismo, specialmente al pretto circuito nerveo-musculare, ossia mediante le contrazioni proprie; nel quale stato di predominio nervoso, e di estenuazione sanguigna, adducono pure, avuto riguardo all' esigua mole dei tessuti musculari, i maggiori riscontri di loro corrente al galvanometro; contrassegni, e riscontri, che di tal guisa si ravvisano, come negli organi dei pesci elettrici, di origine più nervea che sanguinea. E le rane stesse, nelle susseguenti stagioni estiva e autunnale, ben pasciute e nutrite, copiose di sangue, e coi tessuti musculari rossastri, producono meno agevolmente i riscontri dell' elettricismo loro, al pretto circuito nerveo-musculare; ma invece con siffatti tessuti, oltremodo sviluppati ed abbondevoli di umori sanguigni, presentano, in ragione di loro mole, le più notevoli indicazioni galvanometriche; maniere di indicazioni favorite altresì, come negli animali

a sangue caldo, dalle masse musculari, quanto più ridondanti di sangue, tanto più conduttrici dell' elettrico. Inoltre riscontrasi, che la integrità del midollo spinale e dei tronchi nervosi lombari conferisce, nella rana galvanica, sia estenuata o esangue, sia pasciuta o pletorica, alla maggiore intensità e durata della sua corrente elettrica, manifestata dal galvanometro; così è che, riducendo la rana al tronco vertebrale e ai nervi lombari, all' un arto integro e all' altro colla coscia privata della gamba, ed ove su questa coscia si distendano pel lungo i nervi col tronco spinale, fermatovi all' estremo con laccio, ottiensi nel circuito galvanometrico una corrente più intensa e durevole, di quella offerta dalla rana medesima privata degli accennati nervi crurali e del tronco vertebrale: parimenti i fascj di rane, in consimil guisa preparate, quanto meglio serbano i loro nervi crurali e i tronchi vertebrali, riuniti alla rispettiva coscia, tanto maggiore e più durevole offrono la complessiva loro corrente. Risultamenti di fatto riferibili piuttosto alla cooperazione del midollo spinale e dei nervi lombari, nello sviluppo di siffatto elettricismo, anzicchè alla loro conducibilità elettrica, declinante rapidissimamente; infatti le catene di rane galvaniche, disposte in serie allacciando il tronco vertebrale dell' una colle estremità delle gambe dell' altra, cosicchè i nervi lombari restino distesi a far parte di simile circuito, ivi offerendo soli il corso all' elettrico, presentano i minori riscontri galvanometrici; manchevolezza di riscontri riferibile appunto alla rapidissima declinazione della conducibilità elettrica, propria dei nervi, nello stato cadaverico.

89. Però quanto si è condotti a riconoscere l' intervento e l' influsso dell' azione nervea, nella produzione e nello sviluppo dell' elettrico galvanico, altrettanto si è lungi dal poter ravvisare simile magistero nella sua intrinsechezza; nè l' osservazione e l' esperienza pervennero ancora a tanto da scorgere, se le azioni e correnti nervee siano capaci di trasformarsi in azioni e correnti elettriche, ovvero se le une siano un modo speciale delle altre. Il presumere che l' azione nervea si trasformi, per magistero organico-vitale, in azione elettrica, ella è teorica, a dir vero, manchevolissima, a fronte dell' intero sistema

nervoso; quando pur vogliasi che le correnti, nervee motrici, si trasformino, entro i tessuti musculari e gli organi delle torpedini, in correnti elettriche, restano poi le azioni nervee sensorie, dirette dalle estremità ai centri encefalici, che non presentano, in questi, alcun indizio o riscontro di trasformazione elettrica; almeno non si è raggiunto finora, nell' asse cerebro-spinale ove confluiscono le azioni e correnti nerveo-sensorie, alcun riscontro o contrassegno, nè elettro-statico, ne elettro-dinamico. Ed anche meno sorretta dall' osservazione, e dall' esperienza, è l' altra teoria per la quale si riguardano le azioni o correnti nervee costituite da speciali modi di azioni o correnti elettriche; invero nè sull' asse cerebro-spinale, nè lungo i nervi motori o sensorj, è stato dato finora di raggiungere alcun carattere o indizio, alcun riscontro o contrassegno elettrico; così è che, nei momenti delle più attive azioni encefaliche o delle nervee motrici e sensorie, ossia delle maggiori correnti loro proprie, non è giammai risultato palese e manifesto alcun indizio o riscontro di elettricismo qualsiasi; le indagini in proposito instituite sugli stessi nervi degli organi elettrici delle torpedini, negli istanti delle loro scariche, non hanno offerto, lungo que' cordoni nervosi, alcun indizio di corso elettrico. Laonde vuolsi, in proposito, conchiudere che, solo attenendosi alle accennate vie d' osservazione e d' esperienza, ne fia dato il raccogliere argomenti o positivi e favorevoli, o negativi ed avversi, alle indicate teorie; frattanto giovi attenersi ai risultamenti di fatto, che ne addimostrano la azione nervea influente alla produzione dell' elettricismo fisiologico galvanico; maniera di influenza tanto arcana quanto lo è l' influsso nerveo in ogni altra funzione organico-vitale.

90. Come poi l' elettrico, a seconda della varia origine e delle diverse vie d' onde procede, presenta varj caratteri e diverse proprietà, così il Galvani riguardò l' elettricismo nerveo-musculare di una indole sua propria, conferitagli dalle condizioni organiche, per le quali e fra le quali si produce e svolge, con caratteri e proprietà speciali. (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 124, 195, 205, 208, 275, 276, 304, 407, 409). Nel quale proposito merita infatti di essere considerato, che l' elettrico, a seconda della varia sua

origine, sia per attrito o soffregamento, ovvero per azione termica, o calorifica, sia per contatto eterogeneo, o per influsso magnetico, presenta diversi caratteri, così statici come dinamici, e che le scariche elettriche, a norma che sono tratte da corpi varj o inorganici o organici, offrono diverse proprietà più o meno manifeste, e relative in ispecie al vario colore o odore, sapore o prudore. Laonde poi non pochi esimj Fisici e Fisiologi, quali l' Aldini, il Valli, il Vassalli, l' Humboldt, il Ritter, l' Oersted, ed altri, ritennero il fluido o l' elettrico galvanico non solo di origine organico-vitale o fisiologica animale, ma eziandio di una indole singolare, o per modificazione sua propria, o per associazione ad altri principj imponderabili, o per combinazione a materiali ponderabili. Svariati dottriuamenti che furono pure tanto più agitati e controversi, quanto più di leggieri corsero mal distinti i procedimenti elettrici organici dagli inorganici, e i relativi fenomeni fisiologico-galvanici dai corrispondenti fisico-voltaici.

91. Non v' ha dubbio che l' elettricismo nerveo-musculare non sia a riguardarsi di un'indole speciale, nel senso di una particolare sua costituzione elettro-statica, ed elettro-dinamica. E già quanto più scorgesi procedere dall' azione nervea, tanto più si è guidati a riconoscerlo costituito, entro i tessuti organici, in una maniera tutta sua propria e particolare: pel magistero arcano di quella azione, l' elettrico galvanico viene suscitato, entro i tessuti musculari, con massima capacità e carica, sussistendovi con minima ripartizione e tensione; quindi ne risultano correnti e circoli, quanto continui, altrettanto tenuissimi. Laonde il Galvani riguardò una particolare costituzione elettro-statica, tra la sostanza nervea e la musculare, dichiarando la prima in istato elettro-positivo, e la seconda nell' opposto elettro-negativo; di tal guisa, per l' intreccio dell' una coll' altra, mediante il nevrilema e sarcolema, contemplò un certo tal quale simulacro di coibente armato, o di bottiglia di leida; ossia un sistema di siffatti apparecchi rivolti, per la parte elettro-positiva, verso i tronchi nervosi, per la elettro-negattiva all' esterna superficie musculare. Quindi, in ordine elettro-dinamico, il Galvani stesso fu condotto a riguardare il circolo elettro-positivo, diretto internamente, dai muscoli ai

nervi, e per esterni archi, da questi a quelli; anzi in proposito dichiarò lo stato organico-vitale di rilassamento caratterizzato da una corrente continuata, con equabile circolo elettrico (*nerveo-electrici fluidi circuitus*), e lo stato di contrazione caratterizzato piuttosto da un corso, a torrente o scarica momentanea (*nerveo-electrici fluidi excursus*); offrendo per tal modo le prime traccie della dottrina risguardante le correnti continue, e le istantanee scariche elettriche (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 85, 107, 110, 181, 340, 346). E per verità le ulteriori osservazioni, ed esperienze, hanno pure riconfermato la più singolare costituzione e procedimento dell' elettricismo nerveo-musculare, in un colle accennate vicende di correnti continue, e di scariche istantanee; in fatti la rana galvanica, quanto più rilasciata nei suoi musculi tanto meglio, introdotta nel circuito galvanometrico, offre la sua corrente continua manifestata dalle maggiori indicazioni dell' ago calamitato; così pure i musculi, in atto di contrazione, svolgono il loro elettricismo a scarica istantanea, appalesata dai riscontri della rana galvanoscopica.

92. D' altra parte l' agente galvanico si volle, con vaghe teorie, riguardare quale elettrico contemperato, ovvero associato ad altro principio imponderabile, o magnetico, o termico, o fotico. Le riconosciute intime relazioni fra l' elettricismo e il magnetismo insperanzirono alcuni ad arditamente discorrere un fluido nerveo-musculare, a maniera di azione elettro-magnetica propria dei nervi e dei muscoli; quindi videsi risorgere il sistema immaginoso, pel quale, dal magnetismo minerale o inorganico speculato in corrispondenza degli esseri organizzati e viventi, si trascese al magnetismo mesmeriano: se non che siffatte teorie corrono tanto più immaginose e congetturali, quanto meno ne è dato di riconoscere, tra la magnete o la calamita, e gli esseri vivi o qualsiasi loro parte, una mutua influenza o un simulacro almeno di conflitto magneto-fisiologico. Di pari guisa i discoprimenti relativi al termo-elettricismo, condussero altri a teorizzare il fluido nerveo-musculare, quale azione termo-elettrica svolta lungo i nervi ed entro i musculi; che se la varia produzione di calorico, tra nervi e muscoli, e lo sviluppo di calore nella contrazione

musculare, si invocano a sostegno dell' accennata teoria, scorgesi poi sempre la azione nervea reggitrice fisiologica del calore e dell' elettricismo animale; s' aggiunge che, nella rana galvanica, la sua corrente elettrica si addimostra ben lungi di procedere da ineguale temperatura, nè anche per diversa evaporazione su nervo e muscolo. Altresì la fosforescenza animale, o ordinaria o avventizia, dischiuse la via a contemplare il fluido nerveo-musculare quale modo di azione foto-elettrica; foggie di argomenti, essi stessi tanto più immaginosi e congetturali, quanto più è agevole riscontrare, negli animali, per l'una parte il loro elettricismo fisiologico scevro di fenomeni luminosi, per l'altra la loro fosforescenza fisiologica scevra di fenomeni elettrici; nè lo scintillamento delle scariche proprie della torpedine, e all' uopo anche della corrente rinforzata della rana, nè gli straordinarj eventi di fiammelle elettriche attorno il corpo dell' uomo, valgono a far conghietturare una particolare indole di foto-elettricismo animale, quanto arcano e secreto entro il sistema nerveo, altrettanto attivo ed operoso nell' esercizio delle attribuitegli funzioni. Piuttosto, in ordine a simili materie, giovi l' adoperare, per veraci vie d' osservazione e d' esperienza, a riconoscere la speciale efficacia delle azioni magneto-elettriche, termo-elettriche, foto-elettriche, sui tessuti nerveo-musculari, coi relativi effetti di contrazioni e di sensazioni; per tali vie soltanto ne fia dato raggiungere le varie intime relazioni, fra siffatti modi di elettricismo e le azioni fisiologiche proprie dei nervi e dei muscoli; argomenti che di tal guisa fiano ricondotti sulle norme veridiche, già tracciate dall' immortale discopritore del Galvanismo Fisiologico.

93. L' agente galvanico venne inoltre riguardato in associazione, o combinazione, a particolari principj ponderabili, d' onde poi furono ravvisate speciali facoltà sue proprie. E mentre il Volta, adoperava a tutt' uomo, per dimostrare la identità del fluido galvanico coll' elettrico ordinario, offriva nel suo elettromotore il magistero, e il mezzo più opportuno ed efficace, per riconoscerne le correnti capaci d' investire e di rivolgere, in opposte direzioni, varj materiali semplici e composti; quindi siffatte facoltà elettro-dinamiche furono riconosciute, in tutta la loro estensione, a fronte di moltiplici principj,

in aggregazione o fluida, o solida, e in istato o inorganicó o organico; così è infatti che l' elettrico di qualsiasi origine, lungo le vie conduttrici inorganiche o organiche, investe i varj materiali che incontra, rivolgendoli verso le sue polarità, fino a disgregarli dalle più intime combinazioni, seco trascinando, per l' una parte, gli elettro-positivi, per l' altra gli elettro-negativi. Procedimenti pei quali l' elettrico, che investe i tessuti nerveo-musculari, tende a rivolgerne le molecole, a seconda delle polarità e del corso dell' elettricismo stesso; il perchè le molecole nervose, di tal guisa polarizzate, assumono un particolare stato elettrico, ritenendolo più o meno, fino al riflusso, coi relativi effetti delle contrazioni e delle sensazioni; anzi siffatte vicende nerveo-elettriche, ravvisandosi nelle più strette attinenze colle vicende del rilassamento e della contrazione musculare, meritano il più attento studio relativo alle paralisi e alle convulsioni, all' elettro-terapia, e all' agopuntura. S' aggiunge che, dietro le accennate facoltà elettro-dinamiche, con trasporto dei principj materiali, si è proposto e tentato, mercè appunto adatte correnti elettriche, di insinuare e introdurre, nell' umana macchina vivente, acconcie sostanze farmaceutiche; cimenti diretti con viste elettro-terapeutiche, in ordine ai quali sono pure ad aversi in ispeciale considerazione le polarità secondarie, tanto agevoli a prodursi nei tessuti organici, ove l' elettrico siavi condotto mediante mezzi umidi di qualsiasi indole medicamentosa; quindi giovi, in proposito, l' avvertire che l' elettrico condotto sui tessuti nerveo-musculari, mediante mezzi umidi farmaceutici o medicamentosi, svolge di leggieri, in quei tessuti, le polarità secondarie, il cui influsso sulle relative funzioni è degno del più accurato studio.

94. La direzione e il corso, la corrente e il circolo dell' elettricismo proprio dei tessuti nerveo-musculari, furono pure ricercate dal Galvani con gran sagacia e perspicuità d' osservazione e d' esperienza, di giuste deduzioni e di saggie riserve. Egli in proposito cominciò dall' esaminare le azioni elettriche condotte e indotte sui nervi e i muscoli, ricercandone la specie e la direzione più opportuna e favorevole a combinarsi e a cooperare coll' intrinseco elettricismo, organico o fisiologico, agli effetti delle contrazioni; di tal guisa provando e riprovando,

sulla rana ben fresca e vigorosa, le tenui azioni elettro-positive ed elettro-negative, applicate e dirette, or separatamente or congiuntamente, agli estremi nervosi e musculari, con varj effetti di contrazioni, interpretò e dichiarò il corso e il circolo elettro-positivo fisiologico, procedente e diretto dall' interno dei muscoli verso i tronchi nervosi, e mercè questi rivolto all' esterno di quelli; ma avvisato, dalle prime esperienze del Volta, che le minime scariche della bottiglia di leida, applicate positivamente dai nervi ai muscoli, riescono a promuoverne le contrazioni, e che queste mancano per le stesse scariche inverse, come realmente verificasi su la rana infralita o spossata, così riguardò in siffatti casi l' estrinseco elettrico positivo, condotto sul nervo, soperchiante l' intrinseco fisiologico, forzandolo perciò a discendere nell' interno del muscolo (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 141, *ec.* — *Collezione delle Opere del Volta, tomo II, parte I, pag.* 9, *ec.*). Però il Galvani stesso, nell' estendere ognor più gli argomenti di osservazione e di esperienza intorno ai suoi circuiti elettro-fisiologici, s' attenne costante a riguardare il procedimento elettro-positivo diretto intrinsecamente dai muscoli ai nervi e da questi, per archi esterni, a quelli; maniera di procedimento, e di circolo elettrico nerveo-musculare, quale appunto verificasi tanto meglio, ad ogni riscontro, quanto più i tessuti organici sono preparati alla galvanica, con ogni possibile loro integrità, cioè senza lesioni o ferite o sezioni musculari; foggie di lesioni che il Galvani pure riconobbe disturbare non poco, e sovente impedire affatto, il circolo elettro-fisiologico, e i relativi effetti delle contrazioni, specialmente nel pretto circuito organico instituito mediante i nervi lombari ripiegati sulle coscie (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 294). E già alla perfine le più estese e confermate osservazioni, ed esperienze, ne hanno dato a riconoscere, che appunto i tessuti organici preparati alla galvanica, senza lesioni o ferite o sezioni musculari, offrono il loro elettricismo diretto, intrinsecamente e positivamente, dai muscoli ai nervi, ossia dai rami verso i tronchi nervosi, e rivolto dai tronchi stessi, per esterni archi, sulle superficie musculari, ossia ricondotto alle diramazioni nervee; ma siffatti

tessuti organici feriti o sezionati, specialmente attraverso le fibre, o i ventri musculari, presentano lo stesso loro elettricismo tramutato nella sua direzione, fino al corso inverso, con norme meritevoli di acconcie dilucidazioni elettro-fisiologiche; il perchè giovi ora l' esaminare i tessuti in discorso, per l' una parte allestiti alla galvanica nella maggiore possibile loro integrità, e per l' altra feriti o sezionati, raggiungendo così, nell' uno e nell' altro stato, il corso e la direzione, la corrente e il circolo dell' elettricismo loro proprio.

95. Egli è appunto, dietro le osservazioni e le esperienze galvaniche, che si riconosce svolgersi dall' intima compage nerveo-musculare un particolare elettricismo il quale, nello stato d' integrità di siffatti tessuti, procede positivamente dalle intrinseche loro diramazioni verso i rispettivi tronchi nervosi, e da questi rivolgesi alle circostanti parti conduttrici, tendendo a rientrare lungo le originarie vie nervee. Laonde avviene che gli apparati organici provveduti di cospicui tronchi nervosi, ramificantisi lungo i fasci musculari, ben allestiti e preparati alla galvanica, colla maggiore possibile integrità di siffatta struttura, offrono manifestissimo l' accennato circolo elettro-fisiologico, quale verificasi mediante i riscontri, i contrassegni, le indicazioni, della rana galvanica, della galvanoscopica, del galvanometro: per tal guisa la rana galvanica, meglio d' ogni altro animale, offrendo i suoi tronchi nervosi lombari, e i corrispondenti muscoli crurali, capaci di essere disposti e ripiegati ad arco, fino al compito circuito tutto organico, appalesa il predetto circolo elettrico, coi riscontri delle proprie contrazioni; che se invece lo stesso animale galvanico si dispone ad arco, in forma da compierne il circuito, interponendo fra la sommità delle coscie e l' estremità delle gambe il nervo della rana galvanoscopica, anche in tal modo si verifica il medesimo circolo elettro-fisiologico, manifestato dai contrassegni convulsivi galvanoscopici; ove poi si collochino gli stessi tessuti organici, nel circuito del galvanometro, se ne riscontra ognora la corrente elettro-positiva, diretta dai nervi lombari o dalla sommità delle coscie, lungo il filo galvanometrico, alla estremità delle gambe. Stanti le quali cose è manifesto, che l' elettricismo galvanico

procede positivamente dall' intima compage nerveo-musculare verso i tronchi nervosi, ritornando da questi, per ogni acconcia via conduttrice, sia naturale organica o umida, sia artificiale idrometallica o pretta metallica, all' esterno dei muscoli, verso le loro diramazioni nervose; procedimento e circolo elettro-fisiologico, che si riscontra, tanto nell' assieme dei muscoli degli arti preparati alla galvanica, quanto in ogni muscolo capace di essere isolatamente allestito, nello stato di sua integrità nervea, carnosa, tendinea; così è che la gamba disarticolata dalla coscia, che il muscolo gastrocnemio distaccato dalla gamba, ed altri tali muscoli separati dalle parti circostanti, offrono simile circolo elettrico, intrinsecamente e positivamente, diretto dall' inferiore estremo tendineo corrispondente alle diramazioni nervose, verso il superiore estremo carneo corrispondente ai tronchi nervei, e da questi rivolto, mercè archi esterni, a rientrare in quelle. Per le quali maniere di osservazioni e di esperienze si riscontra che gli arti addominali della rana, quanto meglio preparati integri, colle minori sezioni musculari alla sommità disgiunta dal tronco, tanto più somministrano la loro corrente di intensità superiore a quella dalla gamba disarticolata dalla coscia, e che la gamba stessa, quanto meglio rimasta illesa in ogni suo estremo, tanto maggiore offre la sua corrente, a fronte di quella del muscolo gastrocnemio; simili parti musculari riunite poi l' una a lato dell' altra, ossia a fascio, ovvero disposte in serie longitudinale l' una dietro l' altra, a catena, somministrano la loro corrente rinforzata in ragione del numero, e positivamente diretta dagli estremi carnosi o nervei, lungo il filo galvanometrico, agli estremi aponeurotici o tendinei: il perchè ravvisando i naturali elementi dell' elettricismo galvanico, disposti essi pure a fasci fibrosi, e in serie longitudinali, si è per tal guisa condotti a riconoscerne le loro correnti associate, e rinforzate, mediante simile ordinamento organico, già palese nei tessuti nerveo-musculari e negli organi dei pesci elettrici.

96. Ove poi i tessuti nerveo-musculari siano resecati o divisi, lungo le loro fibre o longitudinalmente ai fascj fibrosi, se ne ravvisano i consueti fenomeni elettro-fisiologici, con variato

vigore, ossia coll' ordinario corso elettrico più o meno attenuato. La rana galvanica divisa per metà, separando l'un'arto dall'altro, colla sezione mediana longitudinale alla sommità delle coscie, serba in ciascun membro le stesse facoltà elettro-fisiologiche, e pari corrente elettro-positiva diretta, nell'interno, dall'estremità dei piedi alla sommità delle coscie, e rivolta da queste, per archi esterni, a quelle; che se si separano ed asportano alcuni filamenti o fascetti del tronco nervoso lombare, riducendolo alla metà od anche meno, riscontrasi che i circuiti galvanici d'ogni guisa instituiti, sul nervo così dimidiato, e sui corrispondenti muscoli crurali, risultano efficaci come all' ordinario, e talora con maggiore energia di contrazioni; però disponendo siffatto estremo nervoso, in un con quello del piede, nel circuito galvanometrico, rilevasi venuta meno, in ragione dei fascetti nervosi sottratti, l'ordinaria indicazione dell'ago calamitato. E resecando longitudinalmente i muscoli della coscia o della gamba, coll'asportarne una parte, osservasi che difettano, in ragione dei fascj musculari asportati, tanto i riscontri elettro-fisiologici delle contrazioni, quanto le indicazioni galvanometriche; nel quale stato di cose però, riscontrasi la residua corrente, ognor diretta per l'ordinario verso, comunque attenuata o venuta meno; che se, tra la interna superficie sezionata e la esterna integra degli stessi tessuti musculari, si fa arco, mediante il nervo della rana galvanoscopica o gli estremi del filo galvanometrico, ne risultano minimi o nulli i riscontri di corrente, ravvisandosi solo qualche indizio dell' ordinario corso elettrico, dalle parti superiori alle inferiori. Inoltre divise le coscie longitudinalmente, e disposte a pila, mantenendo a contatto la superficie interna dell'una mezza coscia colla superficie esterna dell'altra, non ottiensi da simili opposti estremi di pila musculare corrente rinforzata; ma piuttosto, ove tali mezze coscie siano disposte a fascio tutte pel medesimo verso, si hanno riscontri di corrente rinforzata, dall'estremo superiore all'inferiore; parimenti le gambe o i muscoli gastrocnemj, sezionati longitudinalmente, presentano nelle parti divise, isolate o associate, consimili riscontri dell'ordinario loro corso elettrico, dalle estremità superiori alle inferiori, e non dall' esterna superficie

integra all'interna sezionata; già il Galvani, nel fare arco trà l'estremità del nervo crurale e la sommità della coscia, sulla rana, colle due metà del musculo gastrocnemio diviso longitudinalmente, e con disposizione inversa longitudinale di simili parti musculari (equilibrante il rispettivo loro elettricismo) dichiarò all'un tempo indifferente chiudere il circuito, mercè il contatto delle loro superficie, o ambedue esterne, o l'una esterna e l'altra interna *(Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 317, 318 *ec.)*.

97. Che se si passa a considerare i tessuti nerveo-musculari allestiti alla galvanica, ma lesi o feriti o sezionati, attraverso le loro fibre, se ne riscontra il corso elettrico di leggieri tramutato o travolto, fino all'inversione dell'ordinario circolo. Però le recisioni trasversali dei tronchi nervosi, o presso la colonna vertebrale, o verso la sommità dei muscoli, quali sogliono occorrere nelle consuete preparazioni galvaniche, non rimutano nè travolgono il procedimento elettro-positivo, diretto dai rami ai tronchi stessi, ed anzi ne favoriscono il corso per la sezione trasversale nervosa; che se restano anche tolti i nervi, fino al loro ingresso nei muscoli, proseguono i superstiti rami interni a compierne l'ufficio, dirigendo l'intrinseco elettricismo alla parte musculare superiore, e da questa rivolgendosi, l'elettrico stesso per esterni archi, alla parte inferiore, come verificasi nella gamba della rana disarticolata dalla coscia, e nel muscolo gastrocnemio distaccato dalla gamba; se non che, spogliando i tessuti musculari d'ogni accessibile tronco o ramo nervoso, vien meno di pari passo ogni loro facoltà elettro-fisiologica, in guisa che, assoggettati alle correnti elettriche, mal si prestano alle contrazioni proprie del chiudere e dell'aprire il circuito elettromotore, risultano inetti alle alternative voltiane, ed offrono la corrente loro propria oltremodo attenuata, ma sempre diretta dal estremo più carnoso, pel filo galvanometrico, all'estremo più tendineo. D'altronde gli stessi tessuti musculari feriti o sezionati, attraverso le fibre, presentano il corso elettro-fisiologico loro proprio, infrenato, o travolto fino alla inversione del medesimo; così è che sezionati ai loro estremi, o presso l'ingresso dei tronchi nervosi, o presso le produzioni tendinee, come alla sommità della

coscia o all'estremità della gamba, ne consegue l'accennato infrenamento di loro corrente, con tendenza all'inversione, come si rileva mediante i riscontri delle contrazioni musculari e delle indicazioni galvanometriche; in fatti osservasi che, dietro le predette sezioni, instituendo il pretto circuito organico, coll' addurre l'estremità del nervo crurale sulla superficie musculare recisa, si ottengono di leggieri all' aprire siffatto circuito le contrazioni, stante appunto l' agevolato riflusso elettrico; inoltre i muscoli, di tal guisa sezionati, introdotti nel circuito del galvanometro, addimostrano l' ordinaria loro corrente infralita, in ragione di tali sezioni più avvicinate ai loro ventri, fino anche al corso inverso della corrente stessa. E qualora appunto i tessuti musculari si tagliano e dividono, attraverso ai ventri loro, ne consegue il maggiore rivolgimento dell' elettrico loro proprio, tanto nella parte corrispondente all'estremo carneo o nervoso, quanto nell' altra corrispondente all' estremo aponeurotico o tendineo; quindi sezionando a metà le coscie, o le gambe, o i muscoli gastrocnemj della rana, ne risulta in simili parti il loro elettrico travolto in guisa da riscontrarne il corso elettro-positivo diretto internamente dalla superficie sezionata all' estremo nervoso o tendineo, e da questo, per esterni archi, a quella, con facili vicende altresì inverse di tale corso elettrico; vicende oltremodo agevoli nella parte musculare corrispondente all'estremo nervoso, mentre nell'altra parte corrispondente all'estremo tendineo, suole riscontrarsi più costante l'interno corso elettro-positivo rivolto dalla superficie sezionata verso i tendini, e da questi, per archi esterni, a quella. Maniere di risultanze sperimentali, in simili pezzi di muscoli, tanto isolati quanto congiunti a catena, verificantisi ognora mercè i riscontri della rana galvanoscopica e del galvanometro moltiplicatore; così è infatti che applicando, fra gli estremi delle accennate parti o catene musculari, il nervo galvanoscopico, ad arco, si riconosce la corrente elettro-positiva rivolta, pel nervo stesso, dall' estremo carneo alla superficie sezionata, con minore intensità e costanza di quella che riscontrasi diretta dall'estremo tendineo alla superficie di sezione, come scorgesi, per le contrazioni della rana galvanoscopica, al

chiudere, e all' aprire siffatti circuiti; inoltre comprendendo gli stessi pezzi musculari, o le corrispondenti loro pile, fra le appendici del galvanometro, se ne riconferma la corrente elettrica diretta dall' estremo nervoso o dal tendineo, pel filo galvanometrico, alla relativa superficie sezionata, coll' accennato più intenso e costante corso elettro-positivo rivolto dall' estremità tendinea alla superficie di sezione. Però merita di essere avvertito che nei pezzi musculari or discorsi, in onta alle accennate vicende, l' elettrico loro proprio, tende ognora a riprendere il naturale suo corso, mediante opportuni circuiti; così è infatti che le coscie e le gambe della rana, comunque sezionate attorno i ventri dei loro muscoli, fino alle ossa lasciate integre come nesso fra le divise parti musculari, e in tale stato la rana stessa introdotta nel circuito del galvanometro, offre il suo corso elettrico ordinario, ossia diretto positivamente, entro gli arti, dalla estremità delle gambe alla sommità delle coscie, e da queste, lungo il filo galvanometrico, a quelle; il perchè risulta manifesto che, in tali casi, sebbene i tessuti musculari sezionati, attraverso i loro ventri, siano nelle condizioni del rivolgimento elettrico suddetto, tuttavolta la stabilita comunicazione fra gli estremi nervoso e tendineo, mercè il filo del galvanometro, vale a compiere siffatto circuito coll' ordinario circolo elettrico. Per tutte le quali cose si conchiude che i tessuti musculari, quanto più sezionati attraverso i loro ventri, tanto più offrono l' elettricismo loro proprio travolto dal naturale suo corso, specialmente fra la superficie di sezione e l'estremo aponeurotico o tendineo; ma all' un tempo scorgesi che, in onta alle predette sezioni, e ai relativi travolgimenti, quell'elettricismo tende ognora a riprendere, mediante opportuni circuiti, l'ordinario suo corso, intrinsecamente diretto dalle diramazioni verso i tronchi nervosi, ed estrinsecamente da questi a quelle; argomenti meritevoli pure dei più accurati studj elettro-fisiologici, con applicazioni eziandio chirurgiche alle ferite dei musculi, e alle amputazioni eseguite attraverso le masse musculari.

98. L' elettricismo nerveo-musculare fu poi riguardato di una tensione inapprezzabile ai contrassegni dei più delicati

elettrometri artificiali, e solo valutabile, nei circuiti elettro-fisiologici, mediante i riscontri delle contrazioni loro proprie. In ordine ai quali argomenti si raccoglie, dalle osservazioni e dalle esperienze del Galvani, come massima la intensità elettrica nel semplice circuito instituito adducendo il nervo crurale a immediato contatto dei proprj muscoli, con effetto delle contrazioni; media nei tessuti stessi addivenuti incapaci di siffatte contrazioni, e all' uopo delle quali occorrono le armature e gli archi di metalli omogenei, avvalorandosi così l' intensità dell' elettrico nel trapassare dal nervo al metallo, da questo al muscolo; minima nei tessuti medesimi bisognosi di armature o archi metallici eterogenei, per l' effetto delle contrazioni, risultandone di tal guisa un circuito con avvalorata intensità dell' elettrico nel trapassare dai tessuti organici ai metalli, e da metallo a metallo eterogeneo (*Collezione delle Opere del Galvani*, *pag.* 143, 159, 249, 261, 272, 273, 328, 336, 339, 347, 351, 368, *ec.*). Maniere di considerazioni galvaniche che, se non valsero ad offrire la più completa ed esatta spiegazione dell' efficacia delle armature e degli archi di metallo, negli accennati circuiti elettro-fisiologici, però si rannodano alle osservazioni ed esperienze elettro-fisiche realmente confermanti l' accresciuta intensità dell' elettrico nel transitare fra l' uno e l' altro conduttore, comunque contigui; anzi il Volta calcolò, fra i metalli contigui omogenei o eterogenei, siffatta resistenza al passaggio del fluido elettrico dall' uno all' altro, fino a precisarla quale coibenza di $\frac{1}{1000}$ di grado; se non che, mentre il Galvani riguardava inoltre l' elettrico attratto variamente dai diversi metalli costituenti l' arco, agevolandone così il corso, il Volta fondava su tali fatti la magnifica dottrina del contatto elettromotore (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 347, 353 *ec. Collezione delle Opere del Volta ec. tomo secondo*, *parte II*, *pag.* 57, 58, 77, 155, *ec.*). Ma volendo pure esaminare e riconoscere la tensione dell' elettricismo proprio dei tessuti nerveo-musculari, necessita avere riguardo appunto ai diversi loro periodi designati dal Galvani, e in ispecie a quello della capacità alle contrazioni mercè il semplice circuito di nervo e muscolo, senza concorso di

metalli; egli è manifestamente, in tale periodo del maggior vigore fisiologico di que' tessuti, che ne è dato raggiungere la intensità dell' elettrico loro proprio; intensità elettro-fisiologica valutabile mediante la contrapposizione d' altra comparabile intensità elettro-fisica propria di un adatto arco metallico.

99. Così è che la rana galvanica quanto più fresca e vigorosa, ossia capace e pronta alle contrazioni d' ogni maniera, tanto meglio offre la intensità del suo elettricismo nerveo-musculare riconoscibile, mercè il galvanometro, in contrapposizione alla corrente comparabile di un' arco metallico eterogeneo. Già il principio galvanometrico manifestato dagli elettromotori idrometallici i quali, comunque per varia estensione, offrano correnti diverse, tuttavolta ove siano di pari tensioni, contrapposti fra loro, si equilibrano, così nelle tensioni come nelle correnti stesse, tale principio si verifica eziandio fra l' elettricismo di un' adatta coppia metallica e quello proprio della rana; infatti riscontrasi, che ove una coppia formata con lamine, estese alcune linee, di metalli scelti fra quelli dotati di minore forza elettromotrice, sia contrapposta alla rana, nel circuito galvanometrico, ne risulta di leggieri l' equilibrio fra la corrente voltaica dell' una, e la fisiologica dell' altra. A tal modo rinviensi che la coppia di platino e d' argento stà, colla sua forza elettromotrice, in equilibrio a fronte della facoltà elettrica propria della rana fresca e vigorosa; foggia di equipollenza, tra l' uno e l' altro elettricismo, per la quale necessita che il platino e l' argento siano nella ordinaria loro forza elettromotrice, e che i tessuti nerveo-musculari siano nelle maggiori loro facoltà elettro-fisiologiche; condizioni che si verificano, per alcuni istanti, immergendo parimenti e contemporaneamente la lamina di platino, raccomandata all' un capo del filo galvanometrico, entro il vase munito di soluzione acquosa di cloruro sodico, ove sono tuffate le gambe della rana, e la lamina d' argento, raccomandata all' altro capo del filo, entro l' altro simile vase ove è tuffata la coscia dell' arto privato della gamba. Di tal guisa, stante la tensione elettro-positiva della lamina d' argento, rivolta contro l' elettro-negativa delle unite gambe della rana, e la tensione elettro-negativa della lamina di platino, rivolta contro

l'elettro-positiva della coscia, ne consegue l'equilibrio elettrico e galvanometrico; mentre che, nella inversa disposizione, si ottiene il corso elettrico idrometallico, e quello dei tessuti nerveo-musculari, per lo stesso verso, colle relative indicazioni galvanometriche; quindi raccogliesi che la accennata tensione della coppia voltaica di platino e d' argento, conosciuta fra le minori apprezzabili, rappresenta quella dell' elettricismo proprio della rana galvanica; dietro infatti le osservazioni e le esperienze, le comparazioni e i computi, intorno alla facoltà elettromotrice relativa dei metalli, risulta che, nella coppia di platino e d' argento, la tensione elettrica riducesi a circa un millesimo di grado dell' elettrometro più sensibile, e che perciò a simile tensione lievissima riducesi anche quella dell' elettricismo proprio dei tessuti nerveo-musculari della rana.

100. Però questa tensione elettrica nerveo-musculare, si riesce a rinforzarla, e a renderla meglio sensibile, mediante più rane galvaniche riunite a fascio, o congiunte a catena. Così è infatti che disposte, pel medesimo verso, parecchie rane strette a fascio, allacciandole attorno i piedi, i ginocchi, le coscie, si riscontrano presentare un'elettricismo tanto più intenso, quanto maggiore il numero loro, fino ad equilibrare la contrappostavi forza elettromotrice di un'arco d'argento e rame; maniera di contrapposizione che si verifica mercè il galvanometro colle appendici, o a lamine o a vasetti, per l'una parte d'argento o di rame argentato, per l'altra di rame ben terso, disponendo fra le appendici stesse, in un col liquido conduttore, il fascio di rane preparate coll'un'arto privato della gamba e colle due gambe riunite; nel quale circuito, introducendo il predetto fascio, riscontrasi che quanto maggiore ne è il numero degli arti, tanto più si riesce ad equilibrare, coll' elettricismo loro, quello della coppia d'argento e di rame, fino anche a soperchiarlo, come rilevasi dalle indicazioni galvanometriche. Che se le rane medesime si congiungono a catena allacciandole successivamente, sommità di coscie ad estremità di gambe, anche in tal guisa ottiensi rinforzata, in ragione del numero, la tensione del loro elettricismo, fino ad equilibrare e anche soperchiare la contrappostavi forza elettromotrice di un arco di rame e di zinco; nelle quali pile

di arti si riscontra rinforzata, tanto la tensione, quanto la corrente, ma la prima assai più della seconda, in ragione del numero; per verità, in simili catene, mentre la tensione si ravvisa crescere in ragione del numero dei loro elementi, la corrente si rinforza tanto meno quanto più lunghi gli elementi stessi, aumentandosi colla lunghezza del circuito la resistenza al corso elettrico. Laonde, qui appunto, s'addice il dichiarare che, nelle catene o pile artificiali di tessuti nerveo-musculari, la corrente cresce in ragione diretta del numero, ed inversa della lunghezza degli elementi coi quali si compongono siffatte pile; in fatti le rane disposte a corona di tazze, cioè col tronco vertebrale dell' una e l'estremità delle gambe dell'altra prossima, immerse entro la stessa tazza, e così di seguito, offrono la corrente loro cresciuta entro ai più ristretti limiti determinati dall' estensione del circuito; invero mentre una rana posta a cavalcione di due tazze, presenta al chiudere il circuito mediante il galvanometro, la indicazione dell'ago calamitato di 10 gradi, due l'offrono di 15, tre di 18, quattro di 20, e dietro simili addizioni, ognor decrescenti, le aggiunte di altre rane non importano ulteriori rinforzi di correnti, osservandosi piuttosto declinare e venir meno ogni riscontro di circolo elettrico. Anche nelle catene o pile, fatte allacciando la sommità delle coscie coll'estremità delle gambe successivamente, si riscontra che l'elettrico quanto aumenta, per intensità di circolo, entro i limiti di sei o otto di tali elementi, altrettanto si affievolisce il corso stesso, allungandone più oltre il circuito; invero siffatte catene o pile offrono al galvanometro l' elettrico loro proprio rinforzato, con addizioni ognor decrescenti, ad ogni aggiunto elemento, fino a riscontrare, nelle maggiori estensioni di tali circuiti, le minori correnti elettriche; anzi per tal modo avviene di leggieri che la corrente sia ridotta o minima o nulla. Che se la catena si compone di sole gambe di rane congiunte, allacciandone l' estremità del ginocchio dell' una col piede dell' altra, in tal caso la corrente osservasi crescere in ragione del numero delle gambe, a più larghi limiti, ottenendosi le addizioni analoghe alle suddette, fino ai dodici o quindici elementi; singolari norme che si ravvisano pure nei circuiti

instituiti coi soli muscoli gastrocnemj, uniti a catena in guisa che l' estremo tendineo dell' uno resti congiunto all' estremo carnoso dell' altro, offrendo per tal modo una corrente rinforzantesi col crescerne gli elementi fino ai diciotto o venti, e non più oltre; foggie di catene o pile musculari che, stante la esiguità degli elementi loro, giova disporre sopra, e lungo, una adatta striscia di tela incerata, fissandone con punti a filo inumidito ogni parte carnosa e tendinea in contatto, e quindi poi immergendone gli estremi del risultante circuito entro i vasetti metallici, costituenti le appendici galvanometriche. Consimili procedimenti degli accennati circuiti musculari, per li quali la corrente loro si ravvisa attenersi, nella sua intensità, alla ragione diretta del numero ed inversa della lunghezza delle parti elementari, sfuggirono alle relative osservazioni del Nobili, del Grimelli, del Matteucci; sfuggirono al Nobili perchè le catene di rane disposte a corona di tazze le limitò a soli tre elementi, indicandone però un rinforzo di corrente con addizioni decrescenti per ogni aggiunta rana; sfuggirono al Grimelli perchè le catene di rane, congiungendone sommità di coscie ad estremità di gambe, non le estese quanto occorreva alla comparazione di quelle fatte a pochi con quelle fatte a molti elementi; sfuggirono al Matteucci perchè le catene, da lui instituite, di rane, di coscie, di gambe, di muscoli, anzichè riguardarle in ragione comparativa del minore o maggior numero delle rispettive loro parti, le contemplò piuttosto in via della corrente differenziale dell' una specie di catena, contrapposta all' altra, a pari numero di elementi. Infatti il Matteucci, seguito pure in ciò dal Cima, nel discorrere le accennate pile musculari si limitò a indicarne, in ragione del numero degli elementi, il rinforzo o l' intensità di loro corrente, senza precisarne alcuna norma, ne in ispecie ne in genere; anzi fra tali risultanze, così del Matteucci, come del Cima, raccogliesi che una catena formata di gambe di rane, contrapposta ad altra fatta con pari numero di mezze coscie, presentò loro una corrente differenziale, per intensità e durata, in favore or dell' una or dell' altra di siffatte catene; risultamenti che s' attengono appunto al vario rinforzo della corrente di simili

pile, a seconda della varia estensione e del numero dei loro elementi, cosicchè quanto minore è il numero degli elementi lunghi, come nella catena di gambe, tanto più la corrente loro risulta superiore a quella di un pari numero di mezze coscie, e viceversa quanto maggiore è il numero degli stessi elementi lunghi, tanto più la pila di mezze coscie offre una corrente superiore a quella delle gambe; quindi poi veggasi come inesatto sia il dedurre da simili contrapposizioni di pile fatte con elementi di varie dimensioni, tratti o da una stessa specie animale o da individui di varie specie, il dedurre, per la via della risultante corrente differenziale, la intensità e la durata della corrente propria dei rispettivi loro elementi. (*Traité des Phénomenes Electro-Physiologiques etc. par Ch. Matteucci, pag.* 42, 57, 60, 69, 84, 99, 104, 106, 113, 136 *etc. Paris* 1844. — *Id. Ricerche Elettro-Fisiologiche ec. Memorie della Società Italiana ec. tomo XXIII, Modena* 1845. — *Saggio Storico Critico Sperimentale su le Contrazioni Galvaniche, e su le Correnti Elettro-Fisiologiche di A. Cima, Parte terza, Capo secondo, terzo ec. Cagliari* 1846.).

101. Scorgesi quindi che i tessuti nerveo-musculari, preparati alla galvanica, offrono un' elettricismo loro proprio, la cui intensità originaria, minima quanto lo è quella della coppia voltaica di platino e d' argento, si rinforza ed accresce col disporre ed ordinare i predetti tessuti a fascj e a catene. Per tal guisa si riscontra, nella disposizione delle rane galvaniche a fascio, la intensità del risultante elettrico in ragione diretta del numero delle rane stesse; ed estendendo la sezione del fascio musculare, ottiensi ognora l' accennato incremento di intensità elettrica, come rilevasi mediante la contrapposizione di parimenti intenso elettricismo voltaico; maniere di prove e di riscontri, che tanto meglio si verificano, quanto più si raccolga dagli estremi del fascio musculare tutto il suo elettricismo, con proporzionate estese lamine metalliche. D' altra guisa, nell' ordinamento delle stesse rane galvaniche a catena, si riscontra la intensità della risultante corrente, in ragione diretta del numero e inversa della lunghezza delle parti rannodate, cosicchè tale intensità cresce, fino al

massimo, per un determinato numero e definito delle accennate parti elementari; dietro il quale incremento, l' aggiungere ulteriori elementi, estendendo così la lunghezza del circuito, importa diminuzione di intensità della corrente, fino a ridurla minima o nulla; oppure avviene di riscontrare, in siffatti circuiti oltremodo allungati, un resto di corrente diretta, or pel verso ordinario, or per l' opposto. Stanti le quali cose ne consegue che, a volere ottenere il maggior rinforzo ed ogni possibile intensità dell' elettricismo fisiologico in discorso, necessita disporre ed ordinare i tessuti nerveo-musculari in guisa da combinare, e produrre, mercè la simultanea loro disposizione a fascii, ed ordinamento a catena, la massima corrente; anzi, per tal modo, le precedenti addotte osservazioni ed esperienze ne confortano di pervenire a comporre un simulacro di torpedine, con analoghi fenomeni elettro-fisiologici, elettro-chimici, elettro-fisici; s' arroge che, in siffatte disposizioni e in tali ordinamenti di rane, a simulacro di torpedine, può estendersi, ed elevarsi, pel numero loro, la copia e l' intensità elettrica, fino ad ottenerne altresì i più manifesti riscontri all' elettrometro. Già il Grimelli, mediante le catene formate cogli arti di più rane, riunendo ed allacciando sommità di coscie ad estremità di gambe, e il Matteucci, mercè simili pile fatte colle mezze coscie delle rane disposte in serie, mantenendone a contatto successivamente la superficie sezionata dell' una coll' estremo popliteo dell' altra, annunciarono di averne ottenuto riscontri di tensione all' elettrometro condensatore; ma simili prove, almeno nell' estensione annunciata, riescono tanto più incostanti, nei loro risultati, quanto più necessita applicare gli estremi delle predette catene, o pile musculari, ad esteso contatto dei piatti del condensatore, o di altro metallo comunicante coi medesimi, lasciando così anche dubbio di tensione elettrica svolta per simile contatto, od effetto idrometallico; quindi scorgesi necessitare, in proposito, prove estese a più elevata tensione elettrometrica, con riscontri più costanti e meglio precisati. (*Grimelli Lettere all' Amici e al Bufalini ec. Nuovi Annali delle Scienze Naturali ec. tomo X, Bologna* 1843 — *Matteucci Ricerche Elettro-Fisiologiche ec. Memorie della Società Italiana ec. tomo* 23.

XXIII, Modena 1845). Però, in ordine all'elettricismo nerveo-musculare accumulato e manifestato, con riscontri elettrometrici, sembra che, nell'animale vivo, la cute compia non di rado simile ufficio, accogliendo dai sottoposti muscoli il loro elettricismo, e versandolo sulla superficie esterna cutanea, fino ai riscontri delle attrazioni e delle ripulsioni, delle scariche e dei scintillamenti elettrici; maniera di diffusione dell' elettricismo nerveo-musculare, e di suo accumulamento cutaneo, che appunto, dietro esercizio degli arti, suole occorrere attorno le braccia e le gambe dell' uomo specialmente vestite di tessuti coibenti, e che verificasi pure nell' uomo stesso isolato sù sgabello coibente, ed agitante con moto volontario un' arto eziandio nudo, ottenendosi così sul medesimo una notevole tensione elettrica; elettricismo che tanto più si ravvisa dell' accennata origine intrinseca organica, quanto più si riconferma dietro il predetto esercizio di contrazione, pel quale la corrente nerveo-musculare si svolge attorno, fino alle intensioni di scariche.

102. Il discorso elettricismo, fisiologico galvanico, presenta diverse vicende a seconda delle varie influenze cui soggiacciono i tessuti nerveo-musculari; foggie di vicende che si riconoscono mediante i riscontri delle contrazioni musculari e delle indicazioni galvanometriche, quali sogliono procedere di pari passo. Riscontrasi infatti che la rana galvanica, quanto più vigorosa e capace alle contrazioni d' ogni maniera, tanto maggiori offre all'un tempo le indicazioni galvanometriche, e quanto più infralita e addivenuta inetta alle sue contrazioni simpatiche e idiopatiche, tanto minori presenta le ordinarie indicazioni al galvanometro stesso. Se non che giova l' avvertire in proposito che, stante il rapido scadere d'ogni facoltà elettro-fisiologica, nei tronchi nervosi, e il più lungo sussistere di simili facoltà entro la compage nerveo-musculare, difettano di leggieri le contrazioni simpatiche, continuando pure, in un colle idiopatiche, le indicazioni galvanometriche. Il perchè le vicende dell'elettricismo fisiologico galvanico si riscontrano procedere di pari passo, mediante i contrassegni o gli indizj delle contrazioni idiopatiche, provocate colle scariche o correnti elettriche, dirette lungo i muscoli, e mediante le indicazioni galvanometriche ottenute dai muscoli stessi.

103. Fino dai primi tempi del Galvanismo fu già riconosciuto che i tessuti nerveo-musculari, esposti all'influsso di vari gaz e vapori, di veleni e miasmi, perdono più o meno presto le loro facoltà elettro-fisiologiche, come ravvisavasi mercè i riscontri delle contrazioni, e, come ultimamente adoperava il Matteucci, anche mercè le indicazioni galvanometriche (*Histoire du Galvanisme etc. par Sue etc. première partie, pag.* 23 *etc.* — *Collezione delle Opere del Volta tomo II, parte I, pag.* 45 *ecc.* — *J. Aldini De Animali Electricitate Diss. II, pag. XIX etc.* — *Humboldt Experiences sur le Galvanisme etc. pag.* 72, 75, 82, 244, 381 *etc.* — *Matteucci Ricerche Elettro-Fisiologiche ecc.; Memorie della Società Italiana, tomo XXIII, Modena* 1845). Invero le rane preparate alla galvanica, e sottoposte alla influenza di vari gaz, quali ossigeno, ossido nitroso, azoto, idrogeno, acido carbonico, acido solforoso, acido idrosolforico, o solfidoidrico, mantenendole chiuse, in un con tali gaz, entro opportuni vasi, perdono in breve, e tanto più presto, ogni loro facoltà elettro-fisiologica, quanto più i tessuti organici soggiacciono, per azione del circostante gaz, a particolari tramutamenti organico-chimici, siano di ossigenazione, come nel gaz ossigeno, ossido nitroso ec., o di disossigenazione come nell'azoto, idrogene, acido carbonico, siano antisettici come nel gaz acido solforoso, o settici come nel gaz acido idrosolforico; di tal guisa riscontrasi che i tessuti nerveo-musculari, sottoposti all'influsso e all'azione dell'idrogene solforato inducente, in essi, con gran rapidità il processo settico, ossia dissolutivo putrido, restano con pari rapidità, e in pochi minuti primi, infralite e spoglie d'ogni loro facoltà elettro-fisiologica, tanto alle contrazioni musculari, quanto alle indicazioni galvanometriche; vicende rapidissime di infralimento e distruzione organico-vitale, ed elettro-fisiologica, che si manifestano subito, col venir meno le contrazioni simpatiche, appresso anche le idiopatiche, in un con ogni traccia di indicazione galvanometrica. E gli stessi tessuti organici, comunque investiti da soluzioni di sostanze ossigenanti o disossigenanti, antisettiche o settiche, od operose per qualsiasi azione fisico-chimica, restano ben presto infraliti e spoglj d'ogni loro facoltà

elettro-fisiologica; quindi avviene che la rana galvanica, aspersa con soluzioni acquose, comunque diluite, di acido nitrico o solforico o idroclorico, di cloruro mercurico o sodico, di materiali organici putriditi, addiviene più o men presto inetta agli ordinarj suoi fenomeni elettro-fisiologici delle contrazioni, simpatiche e idiopatiche, e delle indicazioni galvanometriche; la rana stessa aspersa pure di soluzioni le più conduttrici dell' elettrico, come quelle di acido ossalico o di solfato di rame, se nei primi istanti presenta le maggiori contrazioni musculari, e indicazioni galvanometriche, resta prestissimo nei suoi tessuti irrigidita, in guisa da mancare in un colle sue facoltà organico-vitali, altresì ogni capacità elettro-fisiologica, irritativa e galvanometrica. A ben riguardare poi i tessuti nerveo-musculari preparati alla galvanica, e sottoposti a qualsiasi influsso od azione estrinseca od intrinseca, scorgesi conseguirne, in ogni caso, la soppressione prima dell' azione nervea sensoria, diretta dalle estremità ai centri encefalici, appresso dell' azione nervea motrice, diretta dai centri encefalici alle estremità, per ultimo d' ogni forza nerveo-musculare, e all' un tempo d' ogni relativa capacità elettro-fisiologica, così di contrazioni come di indicazioni galvanometriche; per tal guisa cessato, in un colla vita, il magistero sostenitore e riparatore delle condizioni organico-vitali, d' onde procede la forza nerveo-musculare, e il relativo elettricismo fisiologico galvanico, quella e questo scadono e precipitano, più o meno rapidamente, a seconda delle varie influenze estrinseche, o intrinseche; nè, in tale stato, si conosce alcun agente capace di sostenere o riparare, di crescere o rinforzare, la scadente e precipitante forza nerveo-musculare e facoltà elettro-fisiologica.

104. E comunque sperimentati i tessuti organici in discorso si ravvisano le vicende del loro elettricismo procedere, sempre di pari passo, coi riscontri delle contrazioni musculari, e delle indicazioni galvanometriche. Nei semplici circuiti, o pretti organici, ovvero compiti mediante arco tutto umido o metallico omogeneo, la corrente loro propria si manifesta in sulle prime, tanto cogli effetti delle contrazioni, quanto colle indicazioni galvanometriche; ma in tali circuiti, dietro il primo scadere della forza nerveo-musculare, la relativa corrente

elettrica addiviene inabile a promuoverne le contrazioni, restando ancora capace di appalesarsi mercè la costante sensibilità del galvanometro moltiplicatore; però, in siffatto stato di cose, venuta meno la efficacia della corrente della rana a promuovere i suoi moti musculari, resta eziandio capace, finchè sensibile al galvanometro, di suscitare le contrazioni in altra rana, preparata di fresco, alla galvanoscopica. E a ben riguardare in proposito le cose riscontrasi pure, nei tessuti organici già discorsi, procedere di pari passo, la facoltà alle loro contrazioni per influsso di elettrico estrinseco applicatogli, e la loro capacità alle indicazioni galvanometriche; così è infatti che la rana, quanto più si addimostra irritabile per l' influsso degli archi metallici eterogenei, tanto maggiore addimostra all' un tempo la sua corrente al galvanometro; viceversa, quanto più intense e forti occorrono le correnti o scariche di estrinseco elettricismo sulla rana medesima, all' uopo di suscitarne le contrazioni, tanto minori addimostra le indicazioni galvanometriche. Anzi fia sempre notevolissimo il riscontrare, così nell' animale a sangue freddo quale la rana, come nell' animale a sangue caldo quale il coniglio, che di pari passo vengono meno la loro capacità alle contrazioni promosse cogli elettromotori voltaici, e le loro correnti elettriche nerveo-musculari addimostrate dal galvanometro; quindi, come nell' animale a sangue freddo, simili facoltà dileguansi lentamente, serbandosi a dilungo dal massimo al minimo, così nell' animale a sangue caldo, le facoltà medesime declinando rapidamente, si ravvisano le contrazioni galvaniche e le indicazioni galvanometriche, all' un tempo, evanide e fuggevolissime; maniere di osservazioni e di esperienze che ne addimostrano ognor più procedere di pari passo, e con vicende comuni, le contrazioni musculari, e le indicazioni galvanometriche. In proposito delle quali materie torna pure in acconcio l' avvertire, che le correnti elettriche dirette lungo i muscoli, onde ottenerne i riscontri delle contrazioni, quanto più si mantengono continuate per lo stesso verso, tanto più ne svolgono le polarità secondarie e la relativa corrente, complicantesi variamente alla galvanica; il perchè nell' esaminare i predetti riscontri delle contrazioni musculari, in confronto

delle indicazioni galvanometriche, necessita aver riguardo all' accennata complicanza, per la quale la insorta corrente secondaria, e la naturale galvanica, a seconda che procedono per lo stesso verso o per versi opposti, si ravvisano al galvanometro or sommate or equilibrate, or l' una prevalente sull' altra; se non che egli è pur vero, che i tessuti musculari sottoposti alle correnti elettriche, quanto presto assumono le polarità secondarie, altrettanto prontamente ne restano scevri, al cessar delle correnti estrinseche, rimanendo così ben palesi i riscontri delle contrazioni per l' azione dell' applicato elettricismo, e le indicazioni al galvanometro del pretto elettricismo nerveo-musculare.

105. Quindi la durata dell' elettrico, fisiologico galvanico, risulta attenersi a quella della forza organico-vitale, in guisa che l' elettricismo stesso si riconosce sussistere, dileguarsi, cessare, di pari passo, col sussistere, dileguarsi, cessare della forza nerveo-musculare; infatti i procedimenti delle contrazioni musculari e delle indicazioni galvanometriche, esaminati in tutta la estensione del principio alla fine loro, ne guidano a riconfermare simili conclusioni, che non fiano mai abbastanza svolte e dichiarate in ogni loro estremo. Laonde giova alla perfine riconfermarle mercè le comparative risultanze, fra le contrazioni musculari e le indicazioni galvanometriche, della rana considerata dai primi momenti di sua preparazione galvanica, fino agli ultimi estremi d' ogni sua facoltà elettro-fisiologica.

106. La rana appena allestita alla galvanica, finchè resta dietro il modo e lo strazio della preparazione, saltellante o convulsionaria, non offre al pretto circuito nerveo-musculare, nè a quello compito con arco tutto umido o metallico omogeneo, i riscontri del suo elettricismo manifestato colle proprie contrazioni; però sciolto, in pochi istanti, ogni stato convulsivo, e specialmente dietro la distruzione del midollo spinale ben rilasciatisi gli arti, si ottengono subito, mediante i detti circuiti, i riscontri elettro-fisiologici delle contrazioni musculari; parimenti la rana stessa, introdotta nel circuito galvanometrico, quanto più convulsa o irrigidita, tanto meno offre la sua corrente, manifesta alle indicazioni dell' ago

calamitato; così è infatti che, solo alcuni istanti dopo la sua preparazione, ridotta a totale rilassamento, suole presentare il più intenso circolo elettrico, colle massime declinazioni dell'ago magnetico. Frattanto, a seconda delle varie condizioni relative ai tessuti nerveo-musculari, e alle influenze esteriori più o meno favorevoli ai fenomeni galvanici, i predetti circuiti si osservano, or per brevi istanti o pochi minuti, or da un quarto alla mezza ora, abili agli effetti elettro-fisiologici delle contrazioni proprie; di pari guisa la rana stessa, comunque serbata fra le condizioni più favorevoli alla sua corrente, la manifesta declinante fino a segnare, entro mezza ora circa, la metà della accennata massima indicazione dell'ago calamitato; quindi, dietro tale primitivo infralimento nerveo-musculare, e scadimento elettro-fisiologico, si riscontrano al circuito galvanometrico venute meno le contrazioni, proseguendo ancora le indicazioni della residua corrente all'ago calamitato. Ma, trascorse queste vicende, si scorge che la rana resta a dilungo irritabile, mercè gli archi metallici eterogenei di intensità elettrica superiore a quella dell'intrinseco elettricismo organico appalesato dal galvanometro; residue facoltà nerveo-musculari, ed elettro-fisiologiche, stanti le quali l'arco di rame e zinco vale a promuovere le contrazioni, per ore di seguito, e in pari tempo si ottengono presso che costanti o minimamente decrescenti le indicazioni galvanometriche; procedimenti simultanei oltremodo favoriti, nella loro durata, dalle condizioni di media temperatura, e del serbato naturale ammollimento dei tessuti organici. Da ultimo questi tessuti infraliti, e scaduti ognor più nella loro forza nerveo-musculare, e nella relativa facoltà elettro-fisiologica, esigono le maggiori correnti, o scariche elettriche, a provocarne le contrazioni, e in egual tempo offrono al galvanometro le minori indicazioni della corrente elettrica loro propria; in siffatti estremi riscontrasi poi, che la intensità elettrica, quale di più coppie di rame e zinco, necessaria a promuovere le contrazioni musculari, o ad ottenerne qualche riscontro, soperchia a dismisura quella propria e residua dei tessuti organici, ed appena riconoscibile pel galvanometro; quindi, alla perfine, ne consegue che mentre le massime correnti o scariche

elettriche, comunque dirette e rivolte sui tessuti musculari, non valgono a promuoverne in alcun modo le contrazioni, in pari tempo simili muscoli non offrono più al galvanometro alcuna traccia dell' elettricismo galvanico. Per le quali cose si conchiude: che i tessuti nerveo-musculari costituiti in tutta la freschezza e vigoria fisiologica, naturalmente loro propria, risultano abili alle contrazioni pel circolo del semplice loro elettricismo, manifestantesi al galvanometro, con intensità corrispondente a quella di un arco di platino e d' argento; che i tessuti stessi, al primo infralire e scadere della accennata loro freschezza e vigoria fisiologica, restano capaci delle contrazioni, mediante gli archi metallici eterogenei di una intensità elettrica superiore a quella della naturale corrente nerveo-musculare, ed anzi tanto più necessitando superiore quanto più venuta meno simile corrente organica; che i tessuti medesimi ridotti all' estremo infralimento e scadimento di freschezza e vigoria fisiologica, siccome rimangono mal atti o inetti alle contrazioni, in onta alle più intense e forti correnti o scariche elettriche, così cessano dal manifestare ogni traccia del loro elettricismo al galvanometro. Dietro le quali maniere di osservazioni e di esperienze, rilevasi eziandio che nei predetti tessuti organici, all' infralire e allo scadere la loro freschezza e vigoria fisiologica, vien meno di pari passo la loro speciale conducibilità e inducibilità elettrica, necessitando perciò correnti e scariche ognor più intense, sui medesimi, per occasionarne e promuoverne le contrazioni, o qualche riscontro di contrazione; conducibilità e inducibilità elettrica dei tessuti nerveo-musculari che, agevolandone lo sviluppo dell' intrinseco elettricismo, risulta pure favorevole al circolo galvanometrico e alle indicazioni dell' ago calamitato; quindi i tessuti organici in discorso quanto più infraliti e scaduti, in ogni loro facoltà fisiologica, tanto maggiore resistenza contrappongono al corso dell' elettrico condotto e indotto, venendo meno così, di pari passo, le loro facoltà elettro-fisiologiche alle contrazioni musculari, e alle indicazioni galvanometriche.

107. Per tutte le quali cose si conchiude, che i tessuti nerveo-musculari compiono una funzione elettrica, la quale si manifesta, all' un tempo, coi riscontri fisiologici delle contrazioni,

e colle indicazioni fisiche del galvanometro. E sebbene tale funzione resti oltremodo arcana nella sua intrinsechezza, tuttavolta ne fia lecito compararla, almeno in ordine del risultante moto musculare, al movimento occasionato dalle correnti elettriche sui corpi inorganici, specialmente magnetici o calamitati; per simil guisa l' elettrico di qualsiasi origine può considerarsi scorrere lungo le fibre nervee, e a lato delle carnee, suscitando una quantità di moto comparabile alla complessiva di un numero indefinito d'aghi magnetici, o calamitati, disposti successivamente a lato di un conduttore della corrente stessa; di tal modo il conflitto elettro-fisiologico, occasionante le contrazioni, ne sembra comparabile al conflitto elettro-magnetico o elettro-magnetizzante. D' altra parte l' elettricismo nerveo-musculare, avviato pel circuito galvanometrico, scorrendo e circolando iteratamente e reiteratamente a lato, e attorno, l' ago calamitato si appalesa, per conflitto elettro-magnetico, colle declinazioni dell' ago medesimo; foggie di declinazioni ognora proporzionate all' estensione dei tessuti nerveo-musculari, e alla conducibilità del liquido ove se ne immergono gli estremi, alla estensione delle appendici galvanometriche, e alla tenuità dello strato liquido interposto fra siffatte appendici e gli estremi dei tessuti organici; quindi egli è dall' assieme di simili condizioni e circostanze, che ne è dato valutare daddovero, mediante le indicazioni del galvanometro, l' elettricismo dei tessuti nerveo-musculari, in ogni momento del loro vigore fisiologico, dal massimo al minimo. E nella pienezza di tal vigore manifestasi, all' atto del chiudere il circuito galvanometrico, la corrente colla maggiore escursione dell' ago calamitato, e con immediate decrescenti sue oscillazioni, fino a che in brevi istanti si fissa al terzo circa di quella primitiva escursione; nel quale stato suolsi mantenere a dilungo, retrocedendo lentissimamente fino allo zero, ove perviene dopo alcune ore; procedimento che ne addimostra la corrente nerveo-musculare, iu sulle prime, quanto infralita con gran rapidità, altrettanto in seguito sostenuta e continuata. Mano mano poi declina e vien meno, nei tessuti organici, la loro forza fisiologica si riscontrano, al chiudere il circuito galvanometrico, ognor minori le escursioni dell' ago

calamitato, e ognor più breve il tempo entro il quale l' ago stesso si rimette allo zero; per tal guisa, nei massimi estremi di infralimento fisiologico, ne risultano indicazioni galvanometriche quanto piccole altrettanto fuggevoli; contrassegni estremi della verace morte dell' elettricismo galvanico.

108. Alla perfine il Galvani onde dilucidare vieppiù l' elettricismo nerveo-musculare, da Lui tanto magistralmente addimostrato nelle rane, si fece eziandio premuroso di esaminarlo in comparazione a quello proprio degli organi elettrici delle torpedini; di tal modo produsse, anche in ordine a simili argomenti, le più sagaci comparative osservazioni ed esperienze anatomiche, fisiologiche, elettrologiche, risguardanti appunto le attinenze e le relazioni più singolari e notevolissime, fra la struttura, la funzione, l' elettricismo dei tessuti nerveo-musculari e degli organi torpedinei; quindi accennò la loro comune composizione ed indole, eminentemente nervea cerebro-spinale e sensoria motrice, la loro funzione elettrica rannodata allo stesso genere di azione nervea, anche dopo soppressa la circolazione sanguigna, il loro elettrico di consimile origine ed indole, procedimento e intensità, vicende e durata (*Collezione delle Opere del Galvani pag.* 387, 388. *ec.* — *Essai Théorique et Experimental sur le Galvanisme etc. par J. Aldini etc., tome second etc. pag.* 74, 215, *Paris* 1804). E già risultano di comune origine cerebro-spinale i nervi che, a gran predominio sui corrispondenti vasi sanguigni, si portano ad intrinsecarsi tanto nei tessuti musculari delle rane, quanto negli organi elettrici delle torpedini; così è che speciali nervi, motori e sensorj all' un tempo, si diffondono tanto nei lacerti delle fibre musculari, quanto nei fascj dei prismi torpedinei, producendo le estreme loro diramazioni, o ad anse o a rifusione, attorno o entro le cellule o vescicole che appajono come organi elementari di quelle fibre e di quei prismi; anzi stante siffatta struttura organica ne sembra che, pel magistero dell' azione nervea, sia in quelle cellule indotto o versato l' elettricismo fisiologico, come il calorico induce o versa, nel vapore vescicolare, il più copioso e potente elettricismo. Per tal modo le accennate cellule o vescicole organiche risulterebbero costituite, all' interno e

all' esterno, in opposto stato elettrico, a maniera appunto di altrettante piccole bottiglie di leida, coll' intimo elettricismo positivo rivolto verso le confluenze o i tronchi dei nervi, e coll' estrinseco negativo rivolto verso le divergenze o le diramazioni dei nervi stessi, fino ai più esterni involucri musculari; che se per tal guisa col Galvani si confida di soverchio in un simulacro di analogia, fra l' accennata costituzione organica elettrica e quella propria della bottiglia di leida, il Volta pure tratto dalle sembianze più apparisceuti degli organi delle torpedini, coi di lui elettromotori a pila, non confidò meno in simile comparazione e ragguaglio; però mentre il Galvani riponeva la forza organico-vitale a fondamento primo dell' elettricismo nerveo-musculare e torpedineo, il Volta disconosceva fisiologicamente la corrente della rana, invocando solo la forza predetta in sussidio della corrente torpedinea. Ma a riconoscere ognor più le veraci comunanze organico-vitali dell' elettricismo della rana e della torpedine, valga eziandio il considerarne nell' una e nell' altra la stessa direzione e consimile circolo elettro-fisiologico; così è infatti che nella rana il procedimento elettro-positivo si compie, entro i muscoli, dai rami verso i tronchi nervosi e da questi, per esterni archi, a quelli, e parimenti nella torpedine il corso elettro-positivo avviene, entro i suoi organi, dalle diramazioni ai loro tronchi nervosi e da questi, per esterni archi, a quelli; il perchè come nella rana la corrente elettro-positiva procede dalla sommità delle coscie, pel filo galvanometrico, alla estremità delle gambe, così nella torpedine la stessa corrente s' avvia dalle parti superiori del dorso, corrispondenti ai tronchi nervosi, procedendo lungo il filo galvanometrico, alle parti inferiori o del ventre, corrisponti alle ramificazioni nervee dell' organo torpedineo. S' aggiunge che la tensione originaria dell' elettrico, tanto della rana, quanto della torpedine, si ravvisa inconspicua ai più delicati elettrometri, e piuttosto valutabile mediante la contrapposizione d' altro elettricismo, a tensione nota, e con equilibrio vicendevole; quindi come, per tal guisa, si riconosce l' elettrico della rana di una tensione adeguabile a quella della coppia di platino e d' argento, così si è avviati a determinare

parimenti la tensione dell'elettrico della torpedine, osservandolo in contrapposizione a quello di una adatta coppia di metalli eterogenei; però in difetto di simili osservazioni, non ancora ben eseguite, vuolsi avvertire che se la rana attraversata per ogni verso dalla corrente della torpedine, in ogni caso si scuote, ne consegue che la tensione elettrica della prima resta inferiore a quella della seconda comunque lievissima. Anche le vicende dell'elettricismo della rana e di quello della torpedine s'attengono ad analoghe norme, a fronte delle stesse influenze intrinseche ed estrinseche; infatti come le rane così le torpedini uccise per la resecazione del cuore, in onta al massimo dissanguamento, offrono a dilungo i loro fenomeni elettro-fisiologici, ed invece spente con tossici nervini cessano rapidamente, nelle une e nelle altre, simili fenomeni; inoltre i tessuti nerveo-musculari e gli organi torpedinei sottratti al magistero della vita scadono e precipitano, più o meno rapidamente, da ogni loro facoltà elettro-fisiologica, a seconda delle varie influenze esteriori di gaz o dissoluzioni ossigenanti o disossigenanti, antisettiche o settiche. Da ultimo, nelle rane e nelle torpedini uccise, la durata delle correnti loro proprie si riscontra attenersi alla azione nervea superstite nei rispettivi tessuti organici; invero la rana preparata alla galvanica finchè serba la azione nervea, nei suoi tessuti musculari, offre i riscontri del proprio elettricismo, e la torpedine comunque dissanguata finchè serba, coll'integrità del sistema nervoso, la sua azione sensoria e motrice, presenta i maggiori riscontri di scariche elettriche; mano mano poi si sopprime la azione nervea sensoria, restando un avanzo della motrice, rimangono in un con questa le estreme reliquie dell'elettrico torpedineo; anzi in proposito fia pur meritevole di essere avvertito che, nelle torpedini dissanguate, sussistono, si dileguano, e cessano, di pari passo, la forza nerveo-musculare abile ai riscontri delle contrazioni, e la facoltà degli organi elettrici alle scariche e correnti loro proprie. E vuolsi da ultimo accennare eziandio una estrema analogia di funzione, fra i tessuti nerveo-musculari e gli organi dei pesci elettrici; così è che, mentre que' tessuti servono ai moti volontarj, o instintivi di preda, gli organi

elettrici intervengono a sussidio di simili moti, fulminando i pesci minori agilissimi alla fuga, e si predandoli.

109. Frattanto, dietro le originali osservazioni ed esperienze del Galvani, raccogliesi che il sistema nervoso cerebro-spinale presenta una particolare funzione elettrica manifestata, in ispecie, dai tessuti nerveo-musculari e dagli organi particolari dei pesci elettrici. E poichè i nervi cerebro-spinali risultano composti ossia misti di filamenti o fibre motrici e sensorie, quindi ne consegue la ricerca se ad ambedue le origini e le azioni nervose motrici e sensorie, o se piuttosto all' una che all' altra, appartenga la accennata funzione nerveo-elettrica. In ordine alle quali ricerche necessita immediatamente l' avvertire che, nei tessuti nerveo-musculari preparati alla galvanica, si ravvisano l' una e l' altra azione nervea assieme combinate soltanto nel periodo del massimo vigore fisiologico, riscontrandosi venir meno prontamente e sopprimersi all' intutto la azione nervea sensoria, perdurando ancora più o meno la sola motrice, e in un con questa ogni facoltà elettro-fisiologica; così è che la rana di recente allestita ed irritata, alle sue estremità, offre i riscontri dell' azione nervea sensoria diretta da tali estremità al superstite tratto di midolla spinale, e da questa riflessa, lungo i nervi motori, ai corrispondenti muscoli, tratti perciò a convulsioni, presentando all' un tempo i maggiori contrassegni elettro-fisiologici di contrazioni musculari e di indicazioni galvanometriche; ma prestamente venuta meno e cessata l' azione nervea sensoria, come rilevasi pel mancare l' accennato magistero di sua corrente fino al midollo spinale con riflessione convulsiva, scorgesi continuare ancora la azione nervea motrice, provocata immediatamente sul midollo stesso e sui relativi tronchi nervosi, con effetti contrattivi ai corrispondenti muscoli, i quali, in simile stato, presentano infraliti e dimidiati i contrassegni elettro-fisiologici delle contrazioni musculari e delle indicazioni galvanometriche; mano mano poi la azione nervea motrice scade e precipita, ognor più, si riscontrano di pari passo scadere e precipitare gli indicati contrassegni e riscontri dell' elettricismo nerveo-musculare. Parimenti nella torpedine uccisa, colla resecazione del cuore, e colla soppressione del circolo sanguigno, finchè

serbasi l'azione nervea sensoria e motrice, si ottengono i maggiori riscontri e contrassegni di correnti e scariche elettriche; il perchè, in tale stato, rimanendo integro il sistema nervoso cerebro-spinale, almeno fino a tutto il midollo allungato o al quarto lobo cerebrale, la torpedine irritata nelle più sensibili parti cutanee risponde, mediante reflessione sensoria motrice del predetto midollo e lobo, con violenti scariche elettriche analoghe alle volontarie o istintive da lei fulminate nello stato di vita; quindi scorgesi che il midollo allungato, in un coll'annesso lobo cerebrale, compie l' uffìcio della riflessione nervea, confluendo in siffatto centro encefalico da ogni estremità le correnti dell' azione nervea sensoria, e queste pel centro stesso riflettendosi lungo i nervi motori degli organi elettrici, fino a provocarne le loro scariche; distrutto poi il midollo allungato in un cogli accennati lobi, detti elettrici dal Matteucci, o comunque soppressa l' azione nervea sensoria, continua a sussistere ancora per qualche tempo la motrice, e di pari passo con essa continuano a manifestarsi le ultime traccie dell' elettricismo torpedineo. Stanti le quali attinenze e relazioni, fra l' azione nervea sensoria e motrice e i riscontri elettro-fisiologici, tanto nella rana quanto nella torpedine, si è guidati a conchiudere che, pel concorso simultaneo dell' una e dell' altra azione nervea, si produce e manifestasi il maggiore elettricismo musculare e torpedineo; però siccome, anche dopo cessata la azione nervea sensoria, e superstite la motrice, si produce e manifesta un residuo dell'accennato elettricismo, così la produzione e manifestazione di questo scorgesi in attinenza e in rapporto più dell' azione nervea motrice di quello che della sensoria; quindi conchiudesi che la azione nervea motrice, procedente dai tronchi ai rami nervosi, risulta efficace a indurre e svolgere un' elettricismo positivamente diretto dai rami ai tronchi dei nervi stessi. S' aggiunge che i nervi cimentati eziandio nella maggiore vigoria fisiologica, ossia invasi dalle correnti elettriche, rispondono coll' azione sensoria assai meno efficacemente della motrice; inoltre la facoltà di accogliere e ritenere l' elettrico, fino a svolgerlo per riflusso o corrente inversa, all' atto di aprire il circuito elettromotore, si ravvisa

minima nei nervi o filamenti sensorj, con minimi, effetti di sensazioni, e massima nei motori, con massimi effetti di contrazioni; maniere di procedimenti e di viceude che concorrono a dimostrare le attinenze e relazioni tra la azione nervea sensoria e l' elettrica, sempre minori di quelle sussistenti fra la motrice e l' elettricismo intrinseco od estrinseco; quindi poi avviene che le cure elettriche contro le affezioni nervose sensorie, risultano meno felici delle cure stesse contro le affezioni nervose motrici.

110. D' altra parte il sistema nervoso ganglionare o trisplancnico presenta esso pure, nè suoi tessuti ed organi, caratteri particolari elettro-fisiologici. Se non che i tessuti ed organi trisplancnici, stante la tenuità dei loro nervi e la disposizione dei loro lacerti musculari, restano mal' atti alle preparazioni galvaniche, e ai relativi circuiti, coi riscontri delle contrazioni e delle indicazioni galvanometriche; però il Galvani notò che, mentre sugli organi musculari involontarj della rana, come sul cuore, gli archi metallici eterogenei non riescono efficaci alle contrazioni, l' elettricismo della torpedine investendo il cuore medesimo risulta efficace a suscitarne i suoi moti sistolici e diastolici; inoltre avvertì che tale efficacia elettro-fisiologica dispiega gli effetti delle contrazioni cardiache, non nel momento della prima escursione elettrica sul tessuto musculare, ma invece alcuni istanti dopo, a differenza dei muscoli volontarj contraeutisi all' atto primo della stessa invasione elettrica. (*Collezione delle Opere del Galvani ec. pag.* 414, 420 — *Essai Théorique et Experimental sur le Galvanisme etc. par J. Aldini etc. tome second*, *pag.* 74, 215, *Paris* 1804). Gli organi parenchimatosi trisplancnici poi, quali il polmone, il fegato, i reni, esplorati al galvanometro applicandone l' una appendice sul viscere ove entrano i tronchi nervosi, e l' altra appendice sulla parte opposta del viscere stesso, sogliono offrire notevoli indicazioni di corrente elettropositiva diretta, nell' interno organico, dai rami ai tronchi nervosi e da questi, pel filo galvanometrico, a quelli; che se i visceri medesimi si sezionano, specialmente attraverso i precipui loro rami nervosi procedenti coi vasi, ottengonsi di leggieri correnti elettro-positive dirette dall' esterna superficie viscerale,

pel filo galvanometrico, alla superficie sezionata, con facili e sollecite inversioni; procedimenti conformi e analoghi a quelli che si riconoscono sui muscoli cerebro-spinali integri o sezionati. Maniere di osservazioni e di esperienze che, daddovero riconfermate ed estese, ne condurrebbero a ravvisare, eziandio nel sistema nervoso trisplancnico, una funzione elettrica consimile a quella del sistema nervoso cerebro-spinale; vale a dire una produzione di elettricismo a correnti positive dirette, nell' interno tessuto organico, dai rami ai tronchi nervosi, e da questi rivolte esternamente a quelli; foggie di tessuti che, stante poi la ridondanza del sangue e degli umori loro proprj, imbarazzano e difficultano oltremodo ogni maniera di preparazioni galvaniche, e di riscontri elettro-fisiologici. S' aggiunge che gli umori stessi offrono un elettricismo loro proprio a tensione, o elettro-positiva come nel sangue, o elettro-negativa come nell' urina; tensione elettrica che, in siffatti umori di recente estratti e raccolti, suolsi riscontrare, mediante il condensatore elettrometro, minima e fuggevolissima nel sangue, massima e permanente alquanto nell' urina; laonde resta all' elettro-fisiologia il definire se consimile tensione elettro-positiva sia propria, in genere, degli umori recrementizj, e la opposta elettro-negativa degli escrementizj.

111. Per ultimo a riconoscere vieppiù la parte e la influenza del sistema nervoso, nella produzione elettrica animale, valga il considerare nei vegetabili, avvegnachè sforniti di nervi o di efficace azione nervea, manchevole una verace produzione di elettricismo organico fisiologico. Già in ordine agli esseri viventi vegetabili poco più è noto che il processo di vegetazione, nello sviluppare gaz acido carbonico e vapore acquoso, sviluppa un corrispondente elettricismo, e che le alternative o vicissitudini ordinarie e straordinarie dello stato elettrico atmosferico, or positivo or negativo, favoreggiano la vegetazione. E le correnti elettriche che pur si ottengono, comprendendo varie parti di un vegetabile fra gli estremi del filo galvanometrico, si riscontrano ognora relative ai contatti dissimili di tali parti colle appendici del galvanometro stesso.

112. Frattanto, dietro le originali osservazioni ed esperienze

del Galvani, conchiudesi che, fra i varj magisteri di produzione animale imponderabile, oltre la calorificazione e la fosforescenza, si verifica eziandio la elettrificazione nerveo-musculare, quale resta ancora a conoscere se assuma talora i caratteri di magnetismo. E dalle preclari italiane dottrine di Galvanismo Fisiologico si raccoglie pure che l' elettrico, come è evidente finora, quanto si offre connaturato e intrinsecato, a principio e ad elemento mirabilissimo, nella costituzione e nell' esercizio della forza nerveo-musculare, altrettanto ancora si è lungi dal poterlo riconoscere ed asseverare base e molla assoluta e primitiva, unica ed esclusiva dell' azione organico-vitale. Temperanza saggissima di italica dottrina che giova contrapporre alle pretensioni trascendentali delle teorie nebulose di Lamagna, per le quali le stesse dottrine galvaniche e voltaiche sono trascinate agli ideamenti di una elettro-fisiologia tutta congetturale ed ipotetica, immaginosa e fantastica. Laonde, in siffatto campo di osservazione e di esperienza, necessita procedere ognora nell' accordo meglio inteso, e nell' alleanza progressiva delle originali e splendide osservazioni galvaniche e voltaiche. E già l' elettricismo organico-vitale, originalmente dimostrato dal Galvani, luminosamente discusso dal Volta, ridotto a tutta la semplicità galvanica, scevrato da ogni complicanza voltaica, resta monumento parimenti glorioso fra questi due immortali discopritori del Galvanismo Fisiologico e Fisico.

INDICE
DEGLI ARTICOLI

PREMIATA

DALL' ACCADEMIA DELLE SCIENZE

DELL' ISTITUTO DI BOLOGNA